

Mika Paasisalo

Kiinteistön kulutusten mittarointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

4.5.2014

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Mika Paasisalo Kiinteistön kulutusten mittarointi - hankkeen läpivienti 48 sivua + 4 liitettä 4.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia-automaatio
Ohjaaja(t)	Lehtori Markku Inkinen Business Developer - Energy Monitoring Kaj Sjöholm
<p>Insinöörityön tavoitteena oli kuvata mahdollisimman laaja-alaisesti kiinteistön eri kulutuslajien mittaamista, mittausjärjestelmiä sekä mittaustiedon hyödyntämistä ja analysointia. Työssä pyritään myös kuvaamaan mittarointijärjestelmän suunnittelua, toteutusta ja laitevalintoihin vaikuttavia tekijöitä. Insinöörityön toisena tavoitteena oli luoda selkeä ja mahdollisimman käytännönläheinen opas mittarointijärjestelmiin.</p> <p>Työssä on hyödynnetty Schneider Electric yrityksen laajaa osaamista energiatehokkuuden alalta sekä laitteistojen valmistajana ja toimittajana. Työhön on pyritty liittämään soveltuvin osin kirjoittajan omakohtainen käytännön kokemus mittarointijärjestelmien toteutusprojekteista.</p> <p>Työn lopputuloksena on tietopaketti, joka käsittelee kiinteistöjen kulutuslajien mittaamista mittarointijärjestelmän suunnittelusta käyttöönottoon saakka. Opas antaa vastauksia kulutusten mittaamisen ja analysoinnin hyödyistä kiinteistön omistajille, laitteistojen myyjille, suunnittelijoille ja toteutuksesta vastaaville. Kirjoitushetkellä käytössä olevat mittarointituotteet sekä mittaus- ja tiedonsiirtotekniikat on esitelty käytännönläheisesti.</p>	
Avainsanat	Mittarointi, mittarointijärjestelmä, energianhallintajärjestelmä, sähkömittari, vesimittari, energiamittari, energiatehokkuus

Author(s) Title	Mika Paasisalo Property consumptions metering – project progress
Number of Pages Date	48 pages + 4 appendices 4 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Energy Automation
Instructor(s)	Markku Inkinen, Senior Lecturer Kaj Sjöholm, Business Developer - Energy Monitoring
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to describe as broadly as possible different types of the property consumption measurement, measurement systems, measurement of data recovery and analysis. The thesis also aims to describe the metering system planning, implementation and influencing factors for choice of equipment. The second objective of this thesis was to create a clear and practical guide to the metering systems.</p> <p>Schneider Electric company's extensive expertise in the energy efficiency sector and as a hardware manufacturer and supplier has been used in this thesis. The author's personal and practical experience in the metering system implementation projects has also been attempted to be incorporated to the thesis as applicable.</p> <p>Result of this thesis is a package of information which handles the real estate metering system from design to deployment. The guide contains information about the consumptions measurements and analysis benefits to the property owners, equipment vendors, designers and persons responsible for implementation. Metering products and measurement and data transmission techniques are presented in a practical way.</p>	
Keywords	Metering, metering system, energy management system, electric meter, water meter, energy meter, energy efficiency

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ulkoisten sidosryhmien vaatimukset mittaroinnille	3
2.1	Lisääntynyt poliittinen paine ja asetetut tavoitteet	3
2.2	Suomen rakentamismääräykset ja ohjeistukset	4
2.3	Rakennusten ympäristöluokitukset	6
3	Sisäisten sidosryhmien vaatimukset mittaroinnille	7
3.1	Hallittu energiankäyttö edellyttää tietoa ja seuranta	7
3.2	Energianhallintajärjestelmä	8
3.2.1	Energiahallintajärjestelmän tuottaman tiedon laatuvaatimukset	8
3.2.2	Energian käyttöpaikkojen seuranta ja hälytykset	9
3.2.3	Raportointi	10
3.2.4	Rakennusten vertailu	11
3.2.5	Energianhallintajärjestelmä työkaluna kiinteistön ylläpitäjille	11
4	Kiinteistön kartoitus ja mittarointisuunnitelma	12
4.1	Aloituskokous	13
4.2	Kartoitus sähkö	14
4.3	Kartoitus käyttövesi	15
4.4	Kartoitus lämpö- ja kylmäenergia	15
4.5	Suunnittelu	16
5	Mittarointijärjestelmän toteutussuunnittelu	16
6	Toteutus ja käyttöönotto	17
6.1	Mittareiden asennus- ja vaihtotyö	18
6.2	Konfigurointi ja käyttöönotto	19
7	Mittarointijärjestelmä ja sen osat	20
7.1	Mittaroinnin topologia	21
7.2	Energianhallintaohjelmistot ja tietokannat	21
7.2.1	Energy Operation	22
7.2.2	StruxureWare Power Monitoring Expert (SPME)	23

7.3	Väylämuuntimet ja pulssinkeräysmenetelmät	24
7.3.1	Pulssinkeräys	24
7.3.2	Väylät	25
7.3.3	M-Bus – Modbus -väylämuunnin	25
7.3.4	Modbus – Modbus TCP (ethernet-verkko)	26
7.4	Mittariväylät	28
7.4.1	Modbus RTU	28
7.4.2	Modbus TCP	29
7.4.3	M-Bus	29
7.5	Sähkömittarit	30
7.5.1	Perusmittarit	32
7.5.2	Kehittyneet perusmittarit	34
7.5.3	Kehittyneet verkkoanalysointimet	37
7.6	Vesi, lämpö- ja kylmäenergiamittarit	38
8	Yhteenveto	44
	Lähteet	45
	Liitteet	
	Liite 1. LEED sertifiointi pikaopas	
	Liite 2. Standardiluettelo	
	Liite 3. Mittarointijärjestelmän periaatekuva	
	Liite 4. Mittarointijärjestelmän periaatekaavio esimerkki	

Lyhenteet

LEED	Leadership in Energy and Environmental Design. Johtajuus energia- ja ympäristösuunnittelussa. Järjestelmä tehokkaiden rakennusten ja kestävä kehityksen periaatteella toimivan ympäristön sertifiointiin.
KPI	Key Performance Indicator. Suorituskykymittari.
THD	Total Harmonic Distortion. Harmoninen kokonaissärö.
TDD	Total Current Demand Distortion. Harmonisen kokonaissärön osuus prosentteina mitattavan sähköverkon osan ottamasta tehosta täydellä kuormituksella.
WAGES	Water, Air, Gas, Electricity, Steam. Käsittää kulutuslajit vesi, ilma, kaasut, sähköenergia ja höyry.
COP	Coefficient of performance. Energiatehokkuusluku, hyötysuhde.
Gateway	Yhdyskäytävä. Tietoverkossa oleva verkon solmu (esimerkiksi tietokone), joka mahdollistaa liikennöinnin toiseen verkkoon, jossa voidaan käyttää samaa taikka eri protokollaa tai protokollia.
SQL	Structured Query Language. IBM:n kehittämä standardoitu kyselykieli, jolla relaatiotietokantaan voi tehdä erilaisia hakuja, muutoksia ja lisäyksiä.
Relaatiotietokanta	Relaatiotietokannoissa (<i>eng. relation, suhde</i>) tietoa sisältävien taulujen välille luodaan yhteyksiä käyttäen toisen taulun avainta, ID:tä.
3G	Third generation. Yleinen lyhenne ns. "kolmannen sukupolven" matkapuhelinteknologioille.
TCP	Transmission Control Protocol. Tietoliikenneprotokolla, jolla luodaan yhteyksiä tietokoneiden välille, joilla on pääsy Internetiin.

RS-485	Differentiaalinen eli balansoitu sarjaliikenneväylä, jossa yksi isäntälaitte ohjaa useita orjalaitteita.
RTU	Remote Terminal Unit. Tiedonsiirtotapa etäkäytettäville laitteille.
IP-osoite	Internetin protokollaosoite tai Internetin yhteyskäytäntöosoite on numerosarja, joka yksilöi jokaisen Internet-verkkoon kytketyn tietokoneen.
Modbus	Modiconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneprotokolla, joka mahdollistaa samaan verkkoon kytkettyjen laitteiden kommunikoinnin keskenään.
M-bus	Meter Bus. Mittaustietojen siirtämiseen tarkoitettu väylä.
DIN-kisko	Sähkökeskuksissa ja muissa asennuskoteloissa käytetty standardoitu kisko, johon voidaan kiinnittää helposti johdonsuojakatkaisijoita, kontaktoreita, vikavirtasuojakytkimiä, riviliittimiä ja muita keskuskomponentteja. Standardikoko on 35 mm.
SELV	Security extra low voltage. Suojaus perustuu pieneen jännitteeseen (50VAC ja 120VDC), jolloin sähköisku ei aiheuta vaaraa. SELV -järjestelmä on maasta erotettu pienoisjännitteinen laite.

1 Johdanto

Kiinteistöt kuluttavat vettä, sähköä, lämpöä ja jäähdytysenergiaa. Kiinteistön energiankäytön hallinta ja tehostaminen vaatii tietoa, mistä käyttö koostuu. Näiden kulutuslajien laadukas mittaaminen, raportointi ja analysointi vaativat kattavan mittarointijärjestelmän, joka vastaa ulkoisten ja sisäisten sidosryhmien vaatimuksiin.

Työssä kuvataan käytännönläheisesti mittarointijärjestelmän suunnitteluun, toteutustapaan ja laitevalintoihin vaikuttavia tekijöitä, väyläratkaisuja, tiedon keräämistä ja tallentamista. Työ pohjautuu Schneider Electricin käytössä oleviin mittarointiratkaisuihin, ohjelmistoihin ja laitteisiin, mutta on hyödynnettävissä myös muiden valmistajien tuotteille.

Koko kiinteistön kattavaa mittarointijärjestelmää, joka kattaa ostoenergiatyyppien kuten sähkön, lämmön, jäähdytyksen ja veden kulutuksen, ei ole juurikaan käsitelty kokonaisuutena eri tietolähteissä, vaan saatavilla oleva tieto keskittyy yleensä sähköenergian mittaamiseen tai veden kulutuksen mittaamiseen. Tässä työssä esitellään useita erilaisia mittausta- ja tiedonsiirtotapoja jokaisesta kulutuslajista sekä käsitellään kiinteistökohtaisia eroavaisuuksia mittarointitavoissa, unohtamatta tulevaisuuden laajennustarpeita.

Tilaajayrityksen esittely

Insinööritoimiston tilaajana ja päätiedonlähteenä toimii Schneider Electric Finland Oy, jolla on pitkäaikainen kokemus eri kulutuslajien mittaroinneista. Työn tarvemäärittely oli koottu yhteen dokumenttiin kaikkien kulutuslajien mittaamiseen liittyviä tietoja, jota voidaan hyödyntää jatkossa henkilöstön perehdytyksessä, myynnin tukena sekä toteutuksen suunnittelussa.

Schneider Electric on maailmanlaajuinen energianhallinnan asiantuntija, jolla on toimintaa yli 100 maassa. Se tarjoaa integroitua ratkaisuja lukuisille eri markkinasegmenteille. Konserni on johtava toimija energia- ja infrastruktuurimarkkinoilla, teollisissa prosesseissa, rakennusautomaatiossa sekä tietoliikennekeskuksissa ja -verkoissa. Lisäksi se on laajalti edustettuna asuin- ja palvelusovelluksissa. Yrityksen liikevaihto oli 24 miljardia euroa viimeisimmän 12 kuukauden ajalta.

Suomen Schneider Electric toimii 22 paikkakunnalla ympäri Suomea, ja tällä hetkellä se työllistää yli tuhat energianhallinnan osaajaa. Liiketoiminta on jakautunut viiteen segmenttiin: Power& Infrastructure, IT, Industry, LifeSpace ja Buildings. Asiakkaita ovat esimerkiksi energia- ja verkkoyhtiöt, teollisuusyritykset, IT- yritykset, kiinteistönomistajat, rakennusliikkeet ja kotitaloudet. [25.]

2 Ulkoisten sidosryhmien vaatimukset mittaroinnille

Energian ja puhtaan veden kysynnän ja hintojen yhä noustessa maailmanlaajuisesti ovat eri valtioiden, myös Suomen, ympäristöministeriöt laatineet säännöksiä rakennusten energiatehokkuudesta ja energian käytön mittaamisesta. Suomessa asiaa käsitellään esimerkiksi rakentamismääräyskokoelmissa D3 (rakennusten energiatehokkuus) ja D5 (rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta).

Yksi tärkeimpiä syitä jakaa kiinteistö yksityiskohtaisempiin energian kulutuskohteiden mittauksiin on kiinteistön toiminnan seuraaminen ja säästötoimenpiteiden kohdistamismahdollisuus yksityiskohtaisemmin. Kattavan mittarointi- ja energiahallintajärjestelmän avulla voidaan säästökohteiden löytymisen lisäksi selvittää toimenpiteiden tehokkuus ja raportoida tulokset laadukkaasti sekä viranomaisille että asiakkaille ja sidosryhmille. Vuonna 2012 julkaistussa kustannushallintabarometrissa yksi tärkeimmistä esiin nousseista seikoista oli, että energiakustannukset olivat yksi pääkuluryhmistä tutkimukseen osallistuneissa yrityksissä. Esimerkiksi sähkön hinta on noussut noin 50 % kaikilla keskikokoisilla teollisuuskuluttajilla vuodesta 2000. Euroopan unionin säättämien, vuoteen 2020 mennessä saavutettavien ilmastotavoitteiden aiheuttamien rajoitteiden vuoksi tällä hetkellä ennustetaan, että sähkön hinta teollisuuskuluttajille nousee vielä lisää tulevina vuosina. Kustannushallintabarometrin mukaan alle kolmannes yrityksistä oli ottanut käyttöön ympäristön- ja energiahallintajärjestelmän, 23,6 % on kehittämässä hallintajärjestelmää ja 9 % on suunnitteluvaiheessa. [1].

2.1 Lisääntynyt poliittinen paine ja asetetut tavoitteet

Euroopan unioni on määritellyt yksilölliset vihreän energian tavoitteet jokaiselle 27 jäsenmaalle:

- saada 20 % koko energiankulutuksesta uusiutuvista lähteistä vuoteen 2020 mennessä, ja ennusteissa suunnitellaan 40 % vuoteen 2030 ja 90 % vuoteen 2050 mennessä
- vähentää kasvihuonepäästöjä 20 % (vertailuvuosi 2005) vuoteen 2020 mennessä
- vähentää energiankulutusta 20 % lisäämällä energiatehokkuutta (vertailuvuosi 2005) vuoteen 2020 mennessä. [1].

Suomen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian ja helmikuussa 2010 annetun valtioneuvoston energiatehokkuustoimenpiteitä koskevan periaatepäätöksen taustalla on kansainväliset sopimukset ja velvoitteet jotka on esitetty seuraavassa kuvassa (kuva 1). [2].



Kuva 1. Kansainväliset sopimukset ja velvoitteet [2].

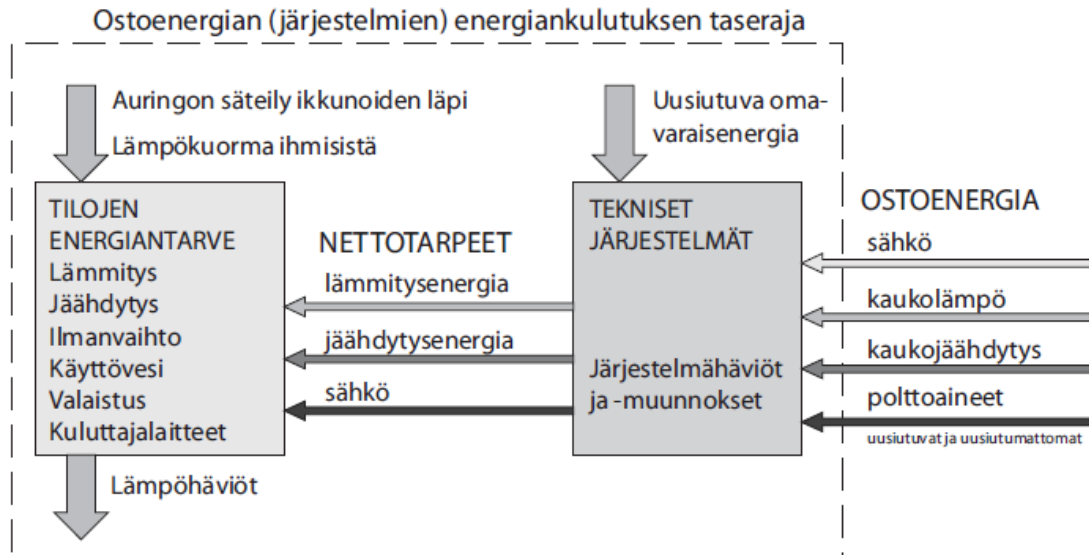
Energiatehokkuussopimusjärjestelmä on osa Suomen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian ja helmikuussa 2010 annetun valtioneuvoston energiatehokkuustoimenpiteitä koskevan periaatepäätöksen toimeenpanoa. Energiatehokkuussopimuksilla tavoitellaan päästökaupan ulkopuolella olevissa kohderyhmissä energiapalveludirektiivin mukaisesti 9 % suuruista energiansäästöä vuoteen 2016 mennessä. Tavoite lasketaan vuosien 2001–2005 keskimääräisestä energiankäytöstä. Sopimustoiminnalla halutaan vauhdittaa myös uuden energiatehokkaan teknologian käyttöönottoa sekä lisätä uusiutuvan energian käyttöä. [2; 3].

2.2 Suomen rakentamismääräykset ja ohjeistukset

Kiinteistöt kuluttavat vettä, sähkö-, lämpö- ja kylmäenergiaa. Kulutuksen vähentäminen ja energiatehokkaat ratkaisut vaativat yksityiskohtaista ja kohdennettua energiamittausta, jota tukee Suomen rakentamismääräyskokoelman D3, 2.8 Energian käytön mittaus sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman D3, 1.1.2, jonka mukaisesti on annettu määräys uusien rakennusten energiankäytön mittaukselle [4].

Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 mukaisesti (kuva 2) rakennuksen energiankulutuksen (nettotarpeet = järjestelmillä tiloihin tuotu energia) laskentaohjeessa rakennuksen energiankulutus jaetaan kahteen pääryhmään, lämmitykseen ja laitesähkö-

energiaan, mikäli jäähdytystä ei ole toteutettu kaukokylmällä. Laitesähkökulutus jaetaan neljään pääryhmään: valaistus, ilmanvaihtojärjestelmä, jäähdytys ja kuluttajalaiteryhmäkohtainen sähkönjakelu.



Kuva 2. Rakennuksen ostoenergiakulutuksen muodostuminen [4].

Seuraavassa on Suomen rakentamismääräyskokoelman D3, 2.8 Energian käytön mittaus -kappaleesta määräykset ja ohjeistukset liittyen rakennusten energiankäytön mittaamiseen. Kappale 2.8.1 on määräys ja sen alakohdat ohjeita [4].

2.8 Energiankäytön mittaus

2.8.1 Rakennukset varustetaan energiankäytönmittauksella tai mittausvalmiudella siten, että rakennuksen eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Mittauksista voidaan luopua, jos mittauksen tai mittausvalmiuden rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi.

2.8.1.1 Ohje

Rakennukset varustetaan sähkönmittauksella, josta saadaan tieto rakennuksen koko sähköenergiankulutuksesta.

2.8.1.2 Ohje

Rakennukset varustetaan lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutuksen mittauksella.

2.8.1.3 Ohje

Muut kuin käyttötarkoituksenluokan 1 rakennukset varustetaan lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella ja tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertopiiriin paluun vesivirran ja lämpötilanmittauksella.

2.8.1.4 Ohje

Muiden kuin käyttötarkoituluokan 1 rakennusten ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan sähkönkulutuksen mittauksella lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ominaissähköteho voidaan helposti mitata.

2.8.1.5 Ohje

Muiden kuin käyttötarkoituluokan 1 rakennusten jäähdytysjärjestelmä varustetaan sähkönkulutuksen mittauksella. Jäähdytysjärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ottamasähkötehoja tuottamajäähdytysenergia voidaan helposti mitata.

2.8.1.6 Ohje

Muissa kuin käyttötarkoituluokan 1 ja 2 rakennuksissa kiinteä valaistusjärjestelmä varustetaan sähkönkulutuksen mittauksella.

Suomen rakentamismääräyskokoelman D3, 1.1.2 rakennusten ja tilojen käyttötarkoituluokkien jaottelu [4].

Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat

Luokka 2: Asuinkerrostalot

Luokka 3: Toimistorakennukset

Luokka 4: Liikerakennukset

Luokka 5: Majoitusliikerakennukset

Luokka 6: Opetusrakennukset ja päiväkodit

Luokka 7: Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit

Luokka 8: Sairaalat

Luokka 9: Muut rakennukset

Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 liitteessä 1 on esitetty eri käyttötarkoituluokkien tarkempi jaottelu.

2.3 Rakennusten ympäristöluokitukset

Organisaatioiden energian käytön vaatimuksia määrittelevät ympäristösäädökset, aggressiiviset kestävän kehityksen tavoitteet ja energian vaihtelevat hinnat. Painetta niiden toteuttamiseen luo yritysten ylin johto sekä ympäristötietoiset kansalaiset.

Rakennusten ja rakennushankkeiden ympäristöluokitusten avulla käyttäjät, sijoittajat ja viranomaiset voivat vertailla kiinteistöjen energiatehokkuutta yhtenäisin menetelmin. Esimerkiksi LEED-sertifioinnilla (Leadership in Energy and Environmental Design), joka on järjestelmä tehokkaiden rakennusten ja kestävän kehityksen periaatteella toimivan ympäristön sertifiointijärjestelmä. LEED-sertifiointi on merkki siitä, että rakennuksen kehitysprojekti vastaa vihreälle rakentamiselle asetettuja korkeimpia tehokkuusvaati-

muksia ja on ympäristövastuullinen, kannattava ja tarjoaa terveellisen asuin- ja työskentely-ympäristön. Liitteenä olevassa LEED-sertifiointi pikaoppaassa (liite 1) on esitelty LEED-järjestelmän pisteytys uudiskiinteistöille ja saneerauksille sekä olemassa oleville kiinteistöille. [5; 6].

3 Sisäisten sidosryhmien vaatimukset mittaroinnille

Monissa organisaatioissa energiakustannukset muodostavat jopa 30 % käyttökustannuksista [8]. Asuinkiinteistössä lämmön, veden ja kiinteistösähkön kulutus muodostavat yhteensä noin 35 - 45 % hoitokuluista, joten energian ja veden käytön tehokkuudessa ja kokonaisvalvonnassa on myös taloudellinen intressi [9]. Tulevaisuudessa sähköenergian laitesähkömittaus voi olla myös edellytys alemman energiaveron saamiseksi. [9; 10].

Kiinteistöjen teknisten laitteiden viat, virheellinen käyttö tai häiriöt aiheuttavat kulutuksen huomattavaakin kasvua ilman, että kiinteistöhuolto tai käyttäjät sitä huomaavat. Kulutuksen lisäystä ei välttämättä havaita oleellisena muutoksena kiinteistön tilassa, mutta kiinteistön hoitokulut ovat tarpeettoman korkealla tasolla. Mikäli kiinteistön lämpö-, kylmä- ja sähköenergian sekä veden kulutusta seurataan tarkoitukseen soveltuvalle kulutusseurantamenetelmällä, voidaan tuhlausta aiheuttava virhetoiminto havaita nopeasti ja suorittaa tarpeelliset toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi [9; 10; 11]. Liitteenä (liite 3) olevasta mittarointijärjestelmän periaatekuvasta nähdään järjestelmän erityyppisiä mittaus- ja tiedonsiirtotapoja, joita käsitellään tarkemmin tulevissa kappaleissa.

3.1 Hallittu energiankäyttö edellyttää tietoa ja seurantaa

Kiinteistön energiankäytön hallinta ja tehostaminen vaatii tietoa, mistä kulutus muodostuu. Kattava mittarointijärjestelmä osana energianhallintajärjestelmää kertoo kulutuksen tason verrattuna muihin vastaaviin kiinteistöihin ja kertoo, onko kulutus runsasta vai kohtuullista sekä missä energiaa kuluu ja kuinka paljon. Vertailtaessa eri paikkakunnilla sijaitsevia kiinteistöjä keskenään käytetään apuna lisäksi sääkorjausta. Sääkorjaus on laskentamenetelmä, joka ottaa huomioon ulkolämpötilavaihtelut tarkastelujaksolla kulutusvertailua tehtäessä [12].

3.2 Energianhallintajärjestelmä

Kiinteistön eri kulutuslajien mittariverkon tuottamaa mittarikohtaista tietoa päästään hyödyntämään täysimääräisesti energianhallintajärjestelmän analysointiprosesseja hallinnoivalla ohjelmistolla. Tässä työssä esitellään Schneider Electricin energianhallintajärjestelmä nimeltä Energy Operation, joka osa Schneider Electricin Struxuware -tuoteperhettä. Seuraava kuvaesimerkki (kuva 3) on yksi Schneider Electricin Suomen pääkonttorin aulanäytön sivuista. Aulanäytön sivut on luotu Energy Operation -ohjelmistolla kiinteistön mittariverkon tiedoista.



Kuva 3. Schneider Electric Suomen pääkonttorin aulanäytön 3/6 sivu.

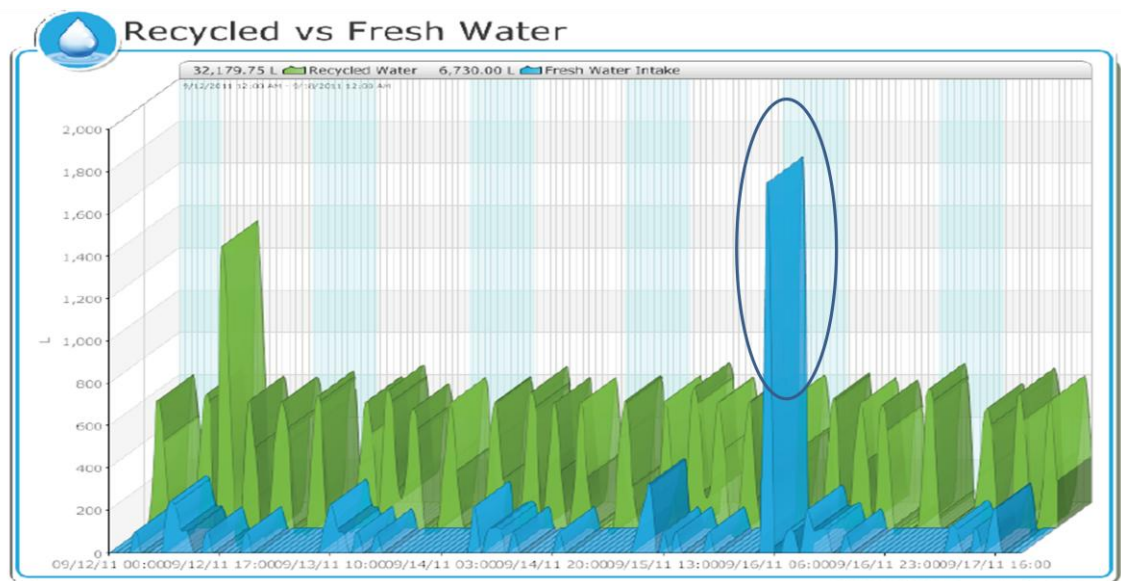
3.2.1 Energiahallintajärjestelmän tuottaman tiedon laatuvaatimukset

Energiahallintajärjestelmän prosessien tuottaman kulutus- ja energiatietojen laadun on kestävä tarkastajien, viranomaisten, asiakkaiden ja sidosryhmien tarkastelun. Yrityksen energiajohtajat ja päättäjät voivat tunnistaa alueet, joilla käyttökustannuksia voidaan alentaa entistä täsmällisimmillä tiedoilla ja käyttää faktatietoa päätöksen teon apuna. Energiahallintajärjestelmän laadunvalvontatyökaluilla varmistetaan mittarointijärjestelmän tuottaman tiedon täsmällisyys, eheys ja oikea-aikaisuus. Järjestelmään tulevien tietojen laatu varmennetaan järjestelmän ohjelmiston avulla ja tietojen mahdol-

liset virheet ja puutteet korjataan ennen niiden analysointia, raportointia tai muuta käyttöä. [13; 14].

3.2.2 Energian käyttöpaikkojen seuranta ja hälytykset

Energiahallintajärjestelmän avulla kiinteistö tunnistaa koska, missä ja miten energiaa käytetään. Järjestelmän yksityiskohtaisella tiedolla löydetään muutokset, poikkeamat ja energiantehottomuudet laitteiden energiankulutuksesta ja käyttöajoista. Reagointi esimerkiksi viikonlopuksi käsikytkimien tai erikoisaikaohjauksien takia tarpeettomasti päälle unohtuneiden valaistuksen ja ilmanvaihdon palauttamiseksi tarpeenmukaiseksi mahdollistuu nopeasti seurannan hälytysten avulla. Kustannusten ja vahinkojen minimoimiseksi myös vesivuotojen aikainen esille tulo mahdollistuu energiahallintajärjestelmän antamasta hälytyksestä, kun käyttö poikkeaa suunnitellusta pohjakulutuksen kasvettua. Tämän perusteella voidaan tehdä korjaavat toimenpiteet ja pienentää veden ja energiankulutusta sekä estää vesivahinkojen syntyminen tai laajeneminen. Seuraava esimerkkikuva (kuva 4) näyttää veden kulutuksen kasvun vesivuototilanteessa ja nopean korjauksen järjestelmähälytyksen ansiosta. [13; 14].

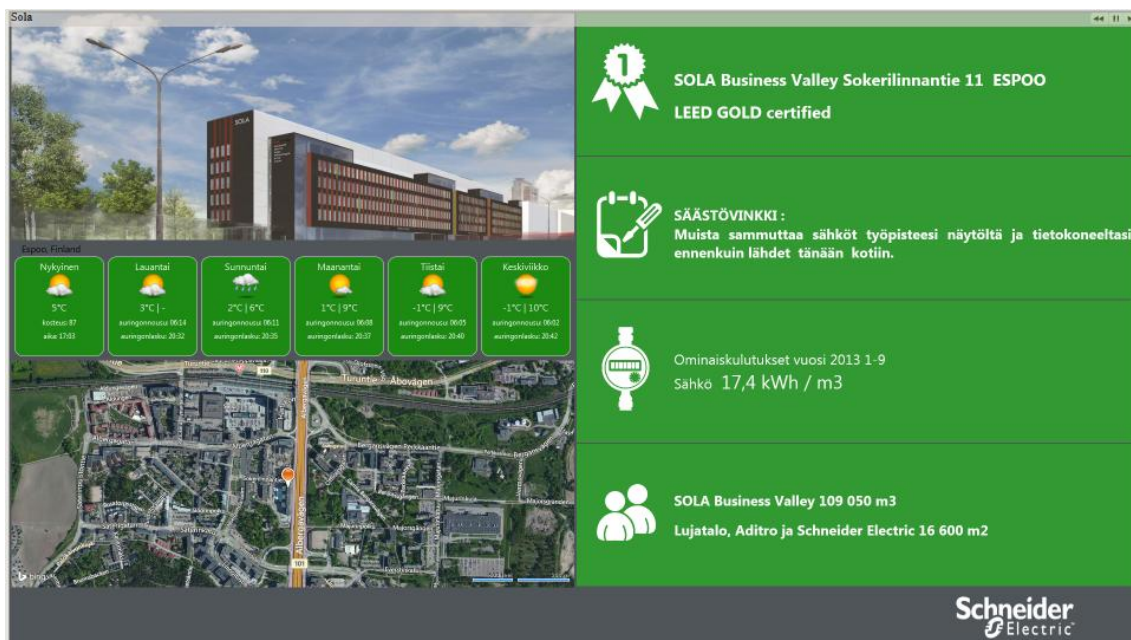


Kuva 4, vesivuoto havaittu ja korjattu [16]

3.2.3 Raportointi

Energiahallintajärjestelmän avulla voidaan jakaa tietoa ymmärrettävässä muodossa kiinteistön käyttäjille ja vuokralaisille ennakkoon määritetyillä käyttäjä sivustoilla tai automaattisilla raporteilla. Raportoinnissa energiankulutus ja käyttötapa voidaan muuttaa rahaksi, hiilijalanjäljeksi tai muuksi konkreettiseksi vertailuksi. Näiden avulla osapuolet saavat luotettavaa tietoa omasta energiankulutuksestaan ja voivat tehdä oikeita toimenpiteitä energiatavoitteiden saavuttamiseksi. Raportointiin voi sisällyttää mahdollisen uusiutuvan energiantuoton aurinkosähkö ja -lämpö keräymät. Näiden avulla saa todellisen kuvan yrityksen ympäristökuormituksesta.

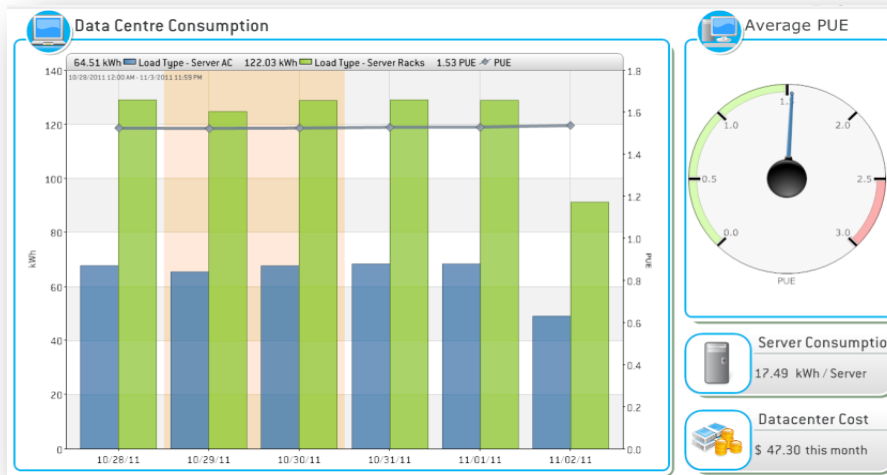
Kattavan energiahallintajärjestelmän raportoinnista on myös apua energiansäästösovimuksien vaatimiin raportointeihin. Kiinteistön käyttäjien energiatietoisuutta voidaan lisätä myös erilaisten näyttötaulujen välityksellä, joiden näyttölistoihin valitaan esitettäväksi tiedoksi esimerkiksi helposti ymmärrettävä kulutusinformaatio, vertailu aiempaan ajankohtaan ja tavoitetasot. Näyttöihin valitaan tiedon näyttötapa ja mahdollisesti myös muita käyttäjiä kiinnostavia aiheita kuten säätieto, uutisotsikot ja kiinteistön omat tiedotteet (kuva 5). [15].



Kuva 5. Schneider Electric Suomen pääkonttorin aulanäytön 1/6 sivu.

3.2.4 Rakennusten vertailu

Energiahallintajärjestelmän avulla on mahdollista vertailla kiinteistön mittauksia annettuihin tavoitteisiin tai vertailla kansallisiin lukuihin (Motiva, Kuntaliitto) sekä vertailla suorituskykyä muihin vastaaviin kiinteistöihin vertailulukujen (KPI = Key Performance Indicator) sekä sääkorjausta [12] apuna käyttäen. Tarkastelemalla ja raportoimalla osastoittain, kerroksittain ja kulutusryhmittäin saadaan esiin heikosti suoriutuneet kiinteistöt tai kiinteistönosat. Käyttäjät voivat niiden avulla havaita suuret kulutuspisteet ja käyttöhuiput, tunnistaa vialliset tai vanhenevat laitteet sekä tehdä parempia energiansäästöratkaisuja ja saavuttaa säästötavoitteet.



Kuva 6. Energy Operation -ohjelmiston energian tavoitemittarin KPI esimerkkikuva [15].

3.2.5 Energiahallintajärjestelmä työkaluna kiinteistön ylläpitäjille

Kiinteistön tekniikan ylläpito vaatii jatkuvaa seuranta ja tähän kattava mittarointi antaa hyvän työkalun kiinteistön huoltokirjan ja huolto-ohjelmien lisäksi. Kiinteistön taloteknisten järjestelmien käytössä ja huollossa päästään automaattisilla hälytyksillä kiinni vikaantuneisiin laitteisiin, kulutuksen/tehojen äkilliseen kasvuun tai laskuun sekä laitteiden ja rakennusautomaatiolta tuleviin vikahälytyksiin.

Sähkömittarointi mahdollistaa kiinteistön sähköverkon laadun tarkkailun pätö- ja loistehojen, tehokertoimien (pätötehon suhde näennäistehoon), harmonisten yliaaltojen ja jännitehäiriöiden osalta. Tehojen seurannan avulla varmistetaan loistehon kompen-

soinnin toimivuus ja riittävyys sekä mahdollisuus pienentää loistehomaksuja. Seuraamalla taas tuntitehoja saadaan selville huipputehojen ajankohdat ja siten käyttötoimiteilla voidaan mahdollisesti rajoittaa tai pienentää huipputehon tasoa. Sähköliittymien huipputeho on yleensä laskutettava suure (tehomaksu) ja tasaamalla sähkönkulutuksen huippuja saadaan siirtomaksun tehomaksua pienennettyä [16; 17].

Harmonisten yliaaltojen mittauksessa mitataan sinimuotoisen verkkosähkön perusaallon monikertaa. Harmoninen kokonaissärö (THD) on kaikkien harmonisten taajuusvirtojen tai jännitteiden suhde virran ja jännitteen perusaaltoon ilmaistuna prosenttiosuutena. Harmonisten yliaaltojen lähteenä ovat pääasiassa erilaiset puolijohdetekniikalla toteutetut suuntaajakäytöt sekä kotitalouksien elektroniikka. Elektroniikka on suunniteltu ottamaan virtaa pulsseina ja nämä pulssit aiheuttavat säröjä virran aaltomuotoihin, mikä taas aiheuttaa säröjä jännitteeseen. Epälineaaristen kuormien synnyttämät virran yliaallot leviävät verkkoa pitkin helposti muille sähkönkäyttäjille ja voivat aiheuttaa odottamattomia ongelmia. Harmoniset yliaallot aiheuttavat liitântöjen, moottoreiden ja muuntajien ylikuumentumista sekä ylikuormitusta nollajohtimissa. Ylikuumentumisesta voi aiheutua laitevaurioita tulipalon riskin kasvua sekä suojakytkimien odottamattoman laukeamisen. Harmoniset yliaallot lisäävät vikaantumisriskiä elektronisissa komponenteissa (esim. tietokoneiden näytöt). Yliaaltojen vähentämisessä on vaihtoehtoina estää niiden syntyminen tai suodattaminen. [18; 19].

4 Kiinteistön kartoitus ja mittarointisuunnitelma

Tässä työssä kuvataan mittarointijärjestelmähanketta ja sen etenemistä järjestelmän myyjän ja tilaajan alkuneuvotteluiden jälkeen. Kappaleessa 4 kerrotaan mittarointihankkeen vaiheet alkuneuvotteluista ja hankkeen budjettihinnasta hankinnan periaatepäätökseen, kartoitukseen ja suunnitteluun.

Mittarointihankkeiden osalta tarjouspyynnöt eri urakkalajeista kuuluvat usein jo suunnitteluvaiheeseen, koska asennustyön vaativuus ja siitä johtuvat kustannukset vaihtelevat suuresti erilaisten kiinteistöjen ja mittareiden asennuspaikkojen suhteen. Mittarointihankkeen suunnittelun ja hinnoittelun jälkeen tilaajalla on käytössään kaikki tarvittavat tiedot hankintapäätöksen tekoon.

4.1 Aloituskokous

Kokouksen pääasiallinen tarkoitus on mittaroinnin tarvemäärittäminen. Aloituskokoukseen osallistuvat kaikki tarvittavat henkilöt, jotta mittarointijärjestelmän tavoitteet ja toiveet saadaan kirjattua pöytäkirjaan.

Käsiteltäviä asioita on nykyisen mittaroinnin tila ja laajuus sekä mahdollinen nykyinen seurantajärjestelmä ja sen jatkokäyttö. Uuden mittarijärjestelmän tarjoaman tietomäärän täysimääräiseksi hyödyntämiseksi on syytä valita tarkoituksen mukainen energianhallintajärjestelmä tai reaaliaikaista tietoa analysoiva valvomo-ohjelmisto.

Aloituskokouksessa määritellään tulevan mittarointijärjestelmän laajuus ja tulevien mittareiden lisästarpeet. Schneider Electricin tarjoama mittarointijärjestelmä on skaalautuva eli myöhemmät mittarilisäykset ovat mahdollisia ilman laitteiston vaihtoa.

Määriteltäviä asioita on myös tiedonsiirto. Mittareilta tuleva tieto siirtyy mittariväylässä gateway-laitteelle (yhdyskäytävälaite eri tiedonsiirtoverkkojen välillä), joka välivarastoi tietoa ja lähettää sitä eteenpäin energianhallintajärjestelmän pilvipalvelimelle tai sallii valvomo-ohjelmiston hakea reaaliaikaista tietoa gateway-laitteen rekistereistä. Tiedonsiirron vaihtoehtoja ovat langaton 3G tai lähiverkko, josta kiinteistön TCP/IP-tiedonsiirtoyhteyttä hyödyntäen mittaritieto siirretään eteenpäin. Valvomo-ohjelmiston reaaliaikainen tiedonsiirto toteutetaan kiinteää yhteyttä pitkin, mutta energianseurantajärjestelmään voidaan hyvin käyttää langatonta 3G-yhteyttä johtuen harvemmin tapahtuvasta tiedonsiirrosta.

Kokouksessa kirjataan pöytäkirjaan kartoituksessa tarvittavat piirustukset ja kuvat, joita tyypillisesti ovat sähkön osalta nousujohtokaavio, keskuskaaviot ja tasokuvat. Sähköpiirustuksia analysoimalla voidaan laatia jo karkea hahmotelma mittarointisuunnitelmasta. Käyttöveden mittaroinnin osalta LVI-kuvista tarvitaan putkiston tasokuvat mittareiden paikkojen ja virtaumien määrittämiseksi. Usein kuvien saatavuudessa on puutteita, jolloin kartoituksen ja suunnittelun työmäärä kasvaa niiltä osin. [20].

4.2 Kartoitus sähkö

Kiinteistön kartoituskäynneillä selvitetään sähköpiirustusten oikeellisuus niiden keskustien osalta, joihin on suunniteltu mittareita, jotta esimerkiksi jakokeskusten palvelualueet varmistuvat. Tärkeänä osana kartoituskäyntejä on asennusteknisten yksityiskohtien selvittäminen. Asennustapaa ja laitevalintoja ohjaavana tekijänä ovat mittarin ja mittamuuntajien asennustilan mekaaniset mitat ja rakenne.

Suoraa sähkömittausta voidaan käyttää 63 A:iin asti, jolloin ei tarvitse asentaa mittamuuntajia, vaan mittavan lähdön vaihejohtimet kierrätetään sähkömittarin kautta. Tällöin tarkasteltavia asioita ovat mittarin vaatima asennustila sekä mittarin oman sähkönsyötön, joka on samalla jännitemittaus, sulakkeen asennustila.

Käytettäessä epäsuorassa mittauksessa olemassa olevia mittamuuntajia (virta- tai jännitemuuntajia), kirjataan niistä muuntosuhde ja tarkkuus suunnittelua varten. Asennettaessa uudet mittamuuntajat selvitetään edellisten lisäksi mittamuuntajien asennustilan riittävyys sekä mitattavan lähdön mekaaninen rakenne. Mittamuuntajien ulkomittojen vaatiman tilan lisäksi kartoitetaan mitattavien vaiheiden johtimien, kaapelikenkien tai virtakiskojen ulkomitat, jotta osataan valita asennuspaikkaan myös sisämitoiltaan sopivat mittamuuntajat [20].

Asennusteknisiä haasteita ja kustannuksia lisääviä tekijöitä ovat monijohdinlähdöt, jolloin saatetaan joutua käyttämään useita samaa vaihetta mittaavaa mittamuuntajaa ja niiden summavirtamuuntajia. Myös suuret kaapelikengät (usein alumiinijohtimissa) estävät tiettyjen mittamuuntamallien käytön. Mikäli kaapelissa ja johtimissa ei ole pituusvaraa katkaisuun ja uuden liitoksen tekoon, voi olla tarkoituksen mukaista käyttää kalliimpaa, mutta avattavaa mallia olevaa mittamuuntajaa.

Asennettaessa sähkömittarit sähkökeskusten kennoihin selvitetään mittariväylän kaapelointireitit sähkökeskusten sisällä sekä ulkopuolella. Sähkömittareiden asennus suoritetaan usein erilliseen sähkötilassa olevaan mittarikoteloon, johon voidaan asentaa myös gateway-laite ja mahdollisesti myös väylämuuntimia sekä niiden virtalähteitä.

Käytettäessä erillistä mittarikoteloä epäsuorissa mittauksissa on varmistettava, että asennusetäisyys virtamuuntajan ja mittarin välillä ei ylitäisi 5 metriä. Pitkät virtamuuntajien johtimet aiheuttavat virtamuuntajien sähköisen käyttötaakan kasvua, josta seuraa

mittatarkkuuden heikkeneminen. Virtamuuntajia tulee kuormittaa oikealla alueella, jotta ne toimivat oikein. Kuormitukset lasketaan taakkoina ja käyttötaakan tulee olla 0,25 - 1,00 kertaa virtamuuntajan nimellistaakan suuruinen. Sähköinen käyttötaakka muodostuu mittarin ja johdotuksen aiheuttamasta taakasta, joka on yleensä 1...2,5 VA. Johtimien poikkipintaa kasvattamalla voidaan asennusetäisyyttä pidentää. [21].

Suuri osa sähkömittareiden asennusteknisestä tarkastelusta voi olla syytä jättää sähköurakoitsijan tehtäväksi, jotta vältytään kahteen kertaan tehdyltä työltä. Tarjouspyyntöön vastaaminen vaatii kuitenkin kohteeseen tutustumisen.

4.3 Kartoitus käyttövesi

Vesimittareiden (alamittaukset) asennuspaikat sijaitsevat tyypillisesti lähellä käyttöpaikkoja. Tästä johtuen on putkiston reittien tunteminen välttämätöntä, ellei kyseessä ole aiemmin asennettujen mittareiden korvaaminen. Olemassa olevan mittarin vaihdon ollessa kyseessä kerätään kartoitusvaiheessa vanhasta mittarista nominaalivirtaumatieto (Qn-arvo), putkikoko sekä mittarin pituus. Nämä työt voi myös sisällyttää putkiurakoitsijan urakkaan, mikäli kartoituskierrosta ei ole tarpeen suorittaa jokaiselle mittarille suunnittelun toteuttamiseksi. [20].

Mikäli vanha mittari voidaan liittää tulevaan mittariväylään, selvitetään liittymistapa ja lisäkomponenttien hankintatarve. Väyläkaapelointireitit ja mittareiden virtalähteiden sijoituspaikat on syytä määritellä mittarointisuunnitelmaa varten.

Kiinteistön veden ostopisteiden liittämiseksi mittarointijärjestelmään on vaihtoehtoina pulssiluenta vanhasta mittarista tai uuden väyläliityntäisen mittarin tilaaminen vesilaitokselta. Pulssi- ja väylätiedonsiirto on esitelty tarkemmin kappaleessa 7.3.

4.4 Kartoitus lämpö- ja kylmäenergia

Lämpö- ja kylmäenergiamittareiden kartoitus käsittää muuten samat vaiheet kuin vesimittareilla, mutta lisäksi tulee määriteltäväksi mitattavan piirin meno- ja paluulämpötilantureiden sijoituspaikat. Tässä työssä kappaleessa 7.6 esiteltävän Schneider Electricin Multical 602 -energiamittarin lämpötila-anturit kuuluvat kiinteästi energiamittarin

laskijalaitteeseen, joten antureiden kaapeleiden pituudet (2,5 m, Pt100, 2-johdin järjestelmä) rajoittavat asennuspaikan valintaa. Lämpötila-anturit ovat kalibroitu pareiksi ja niitä on saatavana lisävarusteena myös pidemmille asennusetäisyyksille aina 100 m:iin asti (Pt500, 4-johdin järjestelmä) Tyypillisesti mittareiden asennuspaikat sijaitsevat lämmönjakohuoneessa. [23].

4.5 Suunnittelu

Mittarointijärjestelmän suunnittelu aloitetaan, kun järjestelmävaatimukset, tiedonsiirto menetelmä ja valittu energiaseurantajärjestelmä ovat tiedossa sekä kartoituskäynnin kohdetiedot ovat dokumentoitu. Tavoitteena on laatia mittarointisuunnitelma, jonka perusteella tilaaja voi tehdä hankintapäätöksen ja jonka perusteella urakoitsijat voidaan tarvittaessa kilpailuttaa. Mittarointisuunnitelmaa noudatetaan mittariväylän rakenteessa, laiteluettelona ja laitteiston konfiguroinnissa, joten sen laadinnassa on noudatettava huolellisuutta ja sitä on päivitettävä muutosten ilmennyttyä.

Tilaajan hyväksyttyä mittarointisuunnitelman laaditaan suunnitelman mukaiset piirustukset. Mittarointijärjestelmän periaatekaavioista käy ilmi mittamuuntajien, mittareiden, mittarikoteloiden ja keskuksien sijainti sekä väylärakenne. Liitteenä (liite 4) olevassa mittarointijärjestelmäkaaviossa on nähtävissä periaate esitettävistä tiedoista. Mittarointisuunnitelmaan laaditaan erilliset mittarikoteloiden kaaviot. Vesimittareiden ja lämpö- sekä kylmäenergiamittareiden asennuspaikat merkitään arkkitehtipohjiin.

Vanhan kiinteistön kyseessä ollessa voi olla tarpeellista uudelleen piirtää sähköiseen muotoon sähkömittaroinnin vaatimat keskuskaaviot ja tasopiirustukset. [20].

5 Mittarointijärjestelmän toteutussuunnittelu

Toteutusvaihetta varten selvitetään kiinteistön käyttäjien tarpeet ja energialajien saatavuuden kriittisyys jokaisesta kulutuslajista. Sähkökatkon ajankohdan ja pituuden merkitys voi olla liiketoiminnan ylläpidon kannalta merkitsevä. Mikäli sähkökatkon järjestäminen on taloudellisesti suhteettoman kallista, on tietyin ehdoin mahdollista suorittaa mittamuuntajien asennus jännitetyönä käyttäen avattavia mittamuuntajamalleja. Tällöin asennustapa on tuotava esille urakan tarjouspyyntövaiheessa, jotta urakoitsija voi las-

kea jännitetyölle tarjouksen sekä arvioida henkilöresurssinsa vaativampaa asennustyöhön. Työskentely jännitteisten osien läheisyydessä, esimerkiksi asennustyö jännitteisessä sähkökeskuksessa, on syytä tuoda esille ja sopia urakoitsijan kanssa sopimusvaiheessa.

Myös vesikatkon ajankohdalla on usein merkitystä, mutta lämpö- ja kylmäenergian suhteen tilojen olosuhteiden muutosten vasteajat ovat yleensä tarpeeksi pitkiä, jotta mittareiden asennustyöt saadaan tehtyä ilman merkittävää haittaa kiinteistön käyttäjille. Asennustyön ajankohta ja mahdolliset tärkeät välitavoitteet on syytä kirjata urakkasopimuksiin.

Asennusajankohtien ollessa tiedossa aloitetaan tarjouspyynnöt urakoitsijoilta, ellei niitä ole jo pyydetty suunnitteluvaiheessa. Tarjouspyynnöt voidaan laatia kustakin urakkalajista kokonaistoimituksena tarvittavine laitteineen ja tarvikkeineen tai vaihtoehtoisesti pelkkänä asennustyönä. Tarjouspyyntöihin kannattaa sisällyttää hintapyynnöt myös poikkeaville asennusajoille ja lisätöille tuntiperusteisesti.

Mittaroinnin asennustyön vaativuus vaihtelee merkittävästi kiinteistökohtaisesti. Tästä johtuen on tärkeää suorittaa kohdekierros urakoitsijoiden kanssa, jotta tarjouksissa oleva työ tulee vastaamaan tilaajan tarvetta. Näin toimien saadaan varmistettua, että urakoitsijat tarjoavat saman sisällöistä urakkaa ja välttävät lisätyöpyynnöitä asennuksien aikana. Tarjouspyyntöön määritellään myös urakoitsijan toimitettavat laitteet ja asennustyön urakkarajapinnat. Tyypillisesti putki- ja sähköurakoitsija suorittavat kenttäasennustyöt ja automaatiourakoitsija laitteiden ja järjestelmän konfigurointityöt sekä käyttöönoton. Tarjoushinnan määrytymiseen merkitsevästi vaikuttavia töitä on kaapeleiden ja laitteiden merkitseminen, kaapeleiden kytkeminen tai saattaminen kytkentävalmiiksi sekä sähköurakoitsijan loppudokumentaatio. Tarjouspyyntöön tai urakkasopimukseen kirjattavia asioita on myös purettujen laitteiden ja kaapeleiden sekä asennusjätteiden asiallinen toimitus jätehuoltoon tai kierrätykseen.

6 Toteutus ja käyttöönotto

Mittarointijärjestelmän toteutusvaihe käynnistyy tilaajan hyväksyttyä mittarointisuunnitelman, toteutusaikataulun, hankkeen kustannukset sekä mahdollisen riskianalyysin.

Joissakin tapauksissa voi käyttökatkossuunnitelma olla tärkeä osa hankintapäätöksen teossa.

Toteutusvaihe alkaa aloituskokouksella, jossa sovitaan aikataulut yhteen urakkaan valittujen putki-, sähkö, ja automaatiourakoitsijoiden kanssa. Aikataulujen laadinnassa otetaan huomioon urakoitsijoiden henkilöresurssit ja aiemmin kartoitetut kiinteistön käyttäjien toiveet ja vaateet mahdollisissa katkosajankohdissa. Muita kokouksessa käsiteltäviä asioita on listattu seuraavassa.

- urakan aikainen tiedottaminen
- yhteyshenkilölistan tietojen kerääminen ja täydentäminen
- työmaan vakuutusasiat
- tulityöluvat ja palojärjestelmien poiskytkeminen sekä palauttaminen
- kulkuoikeudet kiinteistössä, avaimet sekä pysäköinti
- rakennusjätteiden asianmukainen hävitys ja kierrätys
- sosiaali- ja varastotilat
- suunnittelijan asiat
- valvojan asiat; työmaavalvonta, vastaanottotarkastuksen käytäntö, urakoitsijoiden viranomaisdokumentit liittyen yhteiskuntavastuullisuuteen
- rakennuttajan asiat
- seuraava(t) kokous.

6.1 Mittareiden asennus- ja vaihtotyö

Kyseen ollessa käytössä oleva kiinteistö, jossa osa mittareista on korvattavia, kirjataan puretun mittarin numero, vaihtopäivämäärä sekä mittarilukema ylös mittarin vaihdon yhteydessä. Tietoa tarvitaan kulutusseurantajärjestelmän ajan tasalla pitämisessä siirtymäajan yli.

Uusien vesi sekä lämpö- ja kylmäenergiamittareiden kohdalla ei asennustyön aikaista konfigurointityötä tarvita vaan mittarit alkavat mittamaan kulutusta heti sähkön kytkemisen jälkeen. Paristolla varustetut mittarit alkavat toimia tyypillisesti virtauksen alettua mittausputken läpi.

Tiedonsiirtoon liittyvät asetukset ovat yleensä tehdasasetuksiltaan käyttökelpoiset eikä erillistä konfigurointityötä mittarin päässä tarvita. Tässä työssä käytettyjen Schneider Electric ja Kamstrup -merkkisten laitteiden Modbus-osoite on määritelty sarjanumeron kolmen viimeisen numeron mukaisesti, joten mittariväylän ja gateway-laitteen (gateway=yhdyskäytävä tiedonsiirtoverkkojen välillä) asennusten valmistuttua tunnistetaan kyseinen mittari väylältä tuon osoitteen mukaisesti. Mikäli sama osoite löytyy kahdesta mittarista, on se mahdollista muuttaa toiseen mittareista erillisen ohjelmointityökalun ja tietokoneen avulla [23].

Tässä työssä esimerkkinä käytettyjen Schneider Electric sähkömittareiden kohdalla suoritetaan asennusvaiheen jälkeen Modbus -osoitteen sekä käytettyjen virtamuuntajien kertoimen määrittäminen. Kyseessä ollessa alle 63 A mitattava lähtö voidaan kytkennät tehdä ilman virtamuuntajia suoraan mittariin. Tällöin muuntokerroin on 1:1 [24].

Kaikkien mittareiden osalta merkitään asennustyön aikana kytkentäpisteiden numerot ja tunnukset ”punakynä” merkinnöin suunnitelmiin ja sähkökuviin. Toimitussopimukselta riippuen voidaan ”punakynä” merkinnät jättää ryhmäkeskuksen piirustuksiin tai lisätä sähköisiin kiinteistön sähköpiirustuksiin. Mikäli sähköpiirustukset ovat olemassa vain paperiversioina, ei piirustuksia lähdetä piirtämään sähköiseen muotoon pelkästään mittareiden lisäyksen johdosta suurten työkustannusten takia [20].

6.2 Konfigurointi ja käyttöönotto

Mittarointijärjestelmän urakkarajat vaihtelevat hieman sähköurakoitsijoiden automaatio-tason osaamisen perusteella. Työn vaiheiden johdonmukaisen etenemisen kannalta olisi raja kenttäasennustöiden ja konfigurointitöiden välillä selkeä. Tällöin sähköurakoitsijan tehtäviin kuuluisi sähkötöiden lisäksi mittariväylän kytkeminen, sähkömittareiden konfigurointi muuntosuhteen ja Modbus-osoitteen osalta sekä näiden tietojen dokumentointi järjestelmän konfigurointia varten. Edellä määritellyn urakkarajan hyviä puolia olisi sähkömittareiden toimintaan käynnistyminen heti asennuksen jälkeen, jolloin

kulutustiedon keräyksessä ei tule pidempää katkosta. Vasta sähkötöiden valmistuttua alkaisivat automaatiotyöt, jotka pystytään viemään loppuun ilman keskeytystä.

Automaatiotöitä kyseisellä urakkarajalla ovat gateway-laitteiden konfigurointityöt, joita ovat mittariväylällä olevien mittareiden lisäys ja nimeämisen sekä tallennettavien (log-gaus) suureiden määrittäminen. Kaikkea mitattavaa tietoa ei välttämättä siirretä eteenpäin energianseurantajärjestelmään, joten sitä ei ole syytä myöskään tallentaa gateway-laitteen muistiin tiedonsiirtokatkoksia varten. Tallennettaessa vain tarvittavat mittaukset saadaan gateway-laitteen muistiin pidempi aika historiatietoa. Konfiguroitavia asetuksia ovat myös tiedonsiirtoasetukset. Gateway-laite voi lähettää tallennetun ja valitun ajanjakson mittaridatan ftp- tai http-tiedonsiirrolla sekä sähköpostilla internetin välityksellä. Tiedostomuoto on csv tai html [24].

Valvomokäytössä käy valvomo-ohjelmisto lukemassa mittausdatan reaaliajassa suoraan gateway-laitteelta ja mikäli se ei sijaitse samassa lähiverkossa, tarvitaan internet-yhteyden portin avaus palomuurin läpi. Molemmissa tapauksissa tarvitaan aina kiinteät IP-osoitteet mittarointijärjestelmän gateway-laitteille ethernet-verkon haltijalta.

Mittaridataa päästään tarkastelemaan tässä työssä esiteltävien EGX300 laitteen web-käyttöliittymän kautta, Energy Operation (EO) energianhallintajärjestelmän tai StruxureWare Power Monitoring Expert (SPME) valvomo-ohjelmiston kautta. Reaaliaikaisia tapoja näistä ovat EGX300 ja SPME. Järjestelmän toimittajan, joka on tässä työssä Schneider Electric, toimittaa valitun järjestelmän konfiguroituna tilaajalle. EO-järjestelmä toimii pilvipalveluna, jota hallinnoi kyseisen järjestelmän nimetyt asiantuntijat ja SPME-järjestelmä on tilaajan serverille asennettava valvomo-ohjelmisto, jonka asennuksesta vastaa mittarointi- ja valvomojärjestelmiin koulutetut henkilöt.

7 Mittarointijärjestelmä ja sen osat

Tässä työssä esitellyt laitteet ja tekniikat edustavat työn kirjoitusaikana Schneider Electricin käyttämiä laitteita ja tekniikoita mittarointijärjestelmän toteuttamiseksi. Uusin järjestelmää yksinkertaistavana kehitysaskeleena on Modbus-väyläominaisuuden tulo vesi-, lämpö- ja kylmäenergiamittareihin. Tiedonsiirto kyseisistä mittareista on aikaisemmin toteutettu Mbus-väyläprotokollaa käyttäen, jonka muuntaminen EGX-gateway-laitteissa käytettyyn Modbus-väyläprotokollaan on vaatinut erillisen väylämuuntimen.

Tämä on aiheuttanut laite- ja konfigurointityökustannuksia sekä järjestelmän monimutkaistumista.

Toinen merkittävä kehitysaskel on Schneider Electricin pilvipalveluna toimiva kulutus-seurantajärjestelmä Energy Operation. Energy Operation on palvelu, joka näyttää, raportoii, hälyttää ja analysoi kohteiden energiakulutuksen paikallisesti tai maanlaajuisesti. Järjestelmään saadaan luettua myös kiinteistön muita kulutustietoja kuten jätemääriä ja kävijämääriä. Järjestelmä esitellään tarkemmin kappaleissa 7.2, 7.21 ja 3.2.

7.1 Mittaroinnin topologia

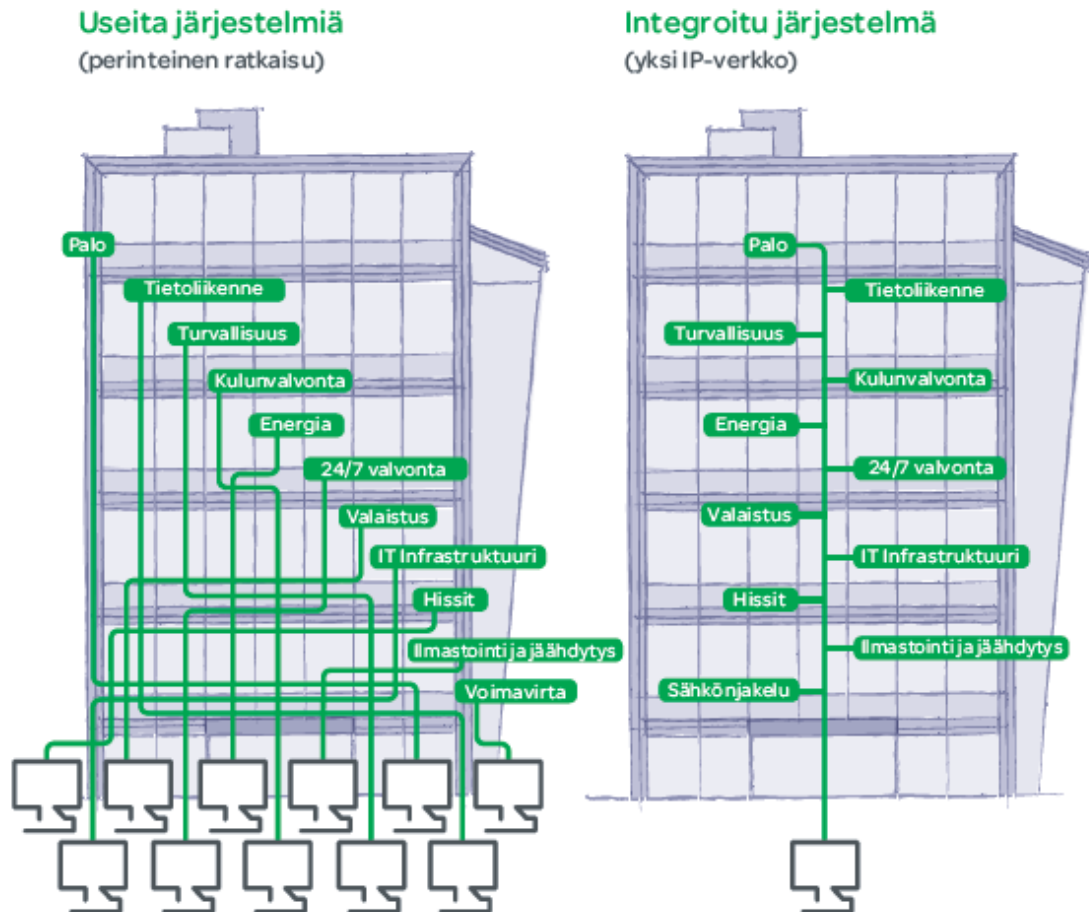
Kiinteistöissä on erilaisia kulutuslajien mittarointitarpeita johtuen kiinteistön koosta, toimialan säädöksistä, vuokralaisten tarpeista ja muista yritysten omista sisäisistä intresseistä. Tässä työssä pyritään kuvaamaan kattavaa mittarointijärjestelmää, joka on laajennettavissa eli skaalautuva tarpeiden mukaan. Mittaroitavia kulutuslajeja, joihin työssä keskitytään, ovat käyttövesi, sähköenergia ja lämpö- sekä kylmäenergia. Jokaisessa kulutuslajissa on mittarivalinnoilla määriteltävissä kyseisen kulutuslajin ominaiset mittausuureet ja tarkkuudet. Jokaista tarvittavaa kulutustietoa varten ei tarvitse asentaa omaa mittaria vaan energiahallintaohjelmistolla voidaan suorittaa laskentoja muiden mittareiden tietojen perusteella ja luoda järjestelmään virtuaalimittarit kulutustietoa varten.

Liitteenä (liite 3) olevassa mittaroinnin periaatekuvassa on esimerkin omaisesti esiteltynä kolmen eri kiinteistön mittaroinnin topologiaa, väylärakennetta ja tiedonsiirtotapoja. Periaatekuva selventää seuraavissa kappaleissa esiteltynä mittarointijärjestelmän komponenttien fyysistä sijoittumista järjestelmään.

7.2 Energianhallintaohjelmistot ja tietokannat

Energianhallintaohjelmistot ovat yksi osa kiinteistöhallintajärjestelmää. Mittarointijärjestelmästä saadaan arvokasta tietoa esimerkiksi kiinteistön tehonhallintaan ja talotekniikan ohjauksiin, joten paras hyöty saadaan integroitaessa energianhallintaohjelmisto yhteen muiden järjestelmien kanssa. Schneider Electricin integroitu kiinteistöhallintajärjestelmää EcoStruxure edustaa seuraavan kuvan (kuva 7) mukaisesti kokonaisjärjes-

telmää, jossa tiedon jakelua eri taloteknisten järjestelmien välillä ohjataan yhteisen käyttöliittymän välityksellä.



Kuva 7, Schneider Electricin Ecostruxure kiinteistöhallintajärjestelmä oikealla [25].

7.2.1 Energy Operation

Energy Operation -energianhallintajärjestelmän ominaisuuksista ja eduista on kirjoitettu kappaleessa 3.2, joten tässä kappaleessa keskitytään enemmän tekniseen tiedonsiirtoon liittyviin tietoihin.

Kiinteistöhallintajärjestelmän energiahallintaohjelmistojen Energy Operation (EO) ja valvomo-ohjelmiston Struxure Power Monitorin Expert (SPME) tiedonsiirtotavat poikkeavat toisistaan. Kappaleessa 7.2.2 esitellään SPME-järjestelmää myös näiltä osin.

Energy Operation -järjestelmässä mittaritiedot siirretään mittariväylän avulla gateway-laitteelle, joka lähettää tiedot ethernetin kautta Energy Operation -energianhallintajärjestelmän tietokantaan. Samalla tavalla tiedot voidaan siirtää myös kolmannen osapuolen järjestelmän palvelimelle. Energy Operation -järjestelmä toimii pilvipalveluna eli mittaustiedot tallennetaan tietokantaan, joka sijaitsee Schneider Electricin palvelimella. Tiedonsiirto tapahtuu tyypillisesti tunnin välein ja lukemien näytteenottoväli on 15 minuuttia [24].

7.2.2 StruxureWare Power Monitoring Expert (SPME)

Ohjelmisto on nimeltään StruxureWare Power Monitoring Expert (SPME). Käytettäessä reaaliaikaista valvontaa ja mittaustietoa on valvomo-ohjelmisto jatkuvassa tietoliikenneyhteydessä gateway-laitteisiin. Siirtyvä tietopakettien koko ja siirtotiheys määräytyy tietoliikenneyhteyden nopeudesta, mittareiden malleista ja valituista mittaustuloksista. Valvomoon tietokantaan tallentuva tieto on yhtä tarkkaa kuin mittarin kyvykkyyden. Ohjelmisto ja sen SQL-tietokanta sijaitsevat yleensä tilaajan palvelimella, mutta ne voidaan myös ostaa palveluna Schneider Electriciltä.

SPME-valvomo-ohjelmisto sisältää kaikki tarpeelliset osat organisaation kiinteistöjen energianhallinnan valvontaan ja analysointiin. Merkittävin ero Energy Operation -ohjelmistoon on mittaustiedon reaaliaikainen käsittely ja valvonta. Muita ominaisuuksia ovat monen käyttäjän web-käyttöliittymä, skaalautuva, joustava ja avoin arkkitehtuuri, joka tukee alan standardien mukaisia laajaa valikoimaa Schneider Electricin ja kolmannen osapuolen laitteita. Ohjelmiston avulla voidaan optimoida olemassa olevaa infrastruktuuria ja liittyä muihin energianhallinta- ja automaatiojärjestelmiin sekä verkkopalveluihin.

SPME-ohjelmistolla voidaan luoda tarkoituksen mukaiset jakelukaaviot, joissa tuodaan näkyviin verkon tila sen eri osissa. Näiden tietojen perusteella voidaan suorittaa manuaalisia tai automaattisia ohjaustoimenpiteitä.

Valvomo-ohjelmiston avulla voidaan löytää sähköverkon häiriölähteet, ylimääräiset kuormat esim. viallisten laitteiden tai ohjausten takia ja vähentää kysyntähuippujen aiheuttamia maksuja. Näiden optimointi- ja kunnossapitotoimenpiteiden avulla parannetaan ja varmistetaan verkon luotettavuutta, sähköön laatua ja käytettävyyttä. [24].

7.3 Väylämuuntimet ja pulssinkeräysmenetelmät

Mittarointijärjestelmässä siirretään tietoa eri tiedonsiirtotavoin järjestelmän eri osissa. Väylätyyppien ja tiedonsiirtoprotokollien vaihtuessa käytetään väylämuuntimia, jotta tieto saadaan vietyä automaattisesti kulutusseurantajärjestelmän, energianhallinta- tai valvomo-ohjelmiston tietokantaan. Väylämuunnin on yleisnimi laitteesta, jolla muutetaan väylätyyppi ja / tai tiedonsiirtoprotokolla kahden eri tiedonsiirtoverkon tai verkon osan välillä.

Tarkasteltaessa mittarointijärjestelmää mittarin suunnasta tietokantaan päin, on kulutustietojen keräämiseen kaksi tapaa, pulssin keräys ja mittariväylä. Tyypillisesti kiinteistöön tulevan energiayhtiön tai vesilaitoksen mittarin liityntävaihtoehtona on vain pulssi-liityntä, josta saadaan pulssinkeräimellä virtaama ja energian kulutustieto lämpö- / kylmäenergiamittareissa. Mittauksen luotettavuus on väyläliityntää vähäisempää johtuen tiedonsiirron valvomattomuudesta. Valvontaa voidaan järjestää järjestelmän puolella erilaisten seurantahälytysten avulla, mutta itse pulssinsiirtoyhteyttä ei pystytä valvomaan. [22].

7.3.1 Pulssinkeräys

Pulssien keräämisessä on useita vaihtoehtoja. Valittavissa on väyläliityntäiset pulssinkeräimet, joihin voidaan liittää useita pulssisisääntuloja useilta eri mittareilta tai kerätä pulssit mittariväylässä olevalla toisella mittarilla. Usean valmistajan sähkö-, vesi-, lämpöenergia- ja kylmäenergiamittari on mahdollista varustaa tiedonsiirtomoduulilla, jossa on lisäominaisuutena pulssin keräys kahdesta tai useammasta pulssilähteestä.

Kerättävät pulssit voivat olla muitakin kuin kulutuksiin liittyvää esimerkiksi asiakaslaskureita. Tärkeintä on kuitenkin määrittää keräävän mittarin tai järjestelmän puolella mitä yksi pulssi tarkoittaa, esimerkiksi 1 pulssi on 1 kWh sähkömittauksessa. Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä varmistetaan seurantajärjestelmässä näkyvän kulutuksen määrän vastaavuus mittarilukemaan. Seurannan kannalta on suositeltavaa asettaa järjestelmään sama mittarilukema pohjalukemaksi, jota pulssit lähtevät kasvattamaan, kuin mikä mittarin lukema on. Käytön aikana voidaan suorittaa lukemien vertailua ilman erillistä laskentaa ja mahdollinen pulssien siirrosta oleva vika tulee esille todennäköisemmin.

Esimerkkilaitteeksi sopiva pulssinkeräin löytyy Schneider Electricin Twido-tuoteperheen ohjelmoitavasta TWDLMDA20DRT-laitteesta (kuva 8). Ohjaimessa on ohjelmoitavia pulssisisääntuloja 20 kpl, 6 kpl relelähttöjä ja 2 kpl transistori lähttöjä. Laite on DIN-kisko kiinnitteinen ja Modbus-väylään yhteensopiva [24].



Kuva 8. Twido pulssikeräin TWDLMDA20DRT [24].

7.3.2 Väylät

Tässä työssä esitellyt mittariväyliä ovat M-Bus, Modbus ja Modbus TCP, joita käytetään Schneider Electricin varsinaisissa mittarointijärjestelmissä. Mittarointijärjestelmän periaatekuva on liitteenä (liite 3). Näiden lisäksi käytetään LON-tiedonsiirtoprotokollaa rakennusautomaatiojärjestelmään tai sen kautta kulkevassa tiedonsiirrossa. Esimerkkilaitteina käytetyissä Kamstrup vesi-, lämpöenergia- ja kylmäenergiamittareihin on valittavissa tiedonsiirtomoduuleiksi myös SIOX-, BACnet- tai ZigBee-väylämoduulit [23]. Schneider Electricin mittarointijärjestelmässä tarvittavia väylämuunnoksia pulssilaskureiden tiedon muunnoksen lisäksi ovat M-Bus -väylästä Modbus-väylään sekä Modbus-väylästä Modbus-TCP -väylään (ethernet-verkko).

7.3.3 M-Bus – Modbus -väylämuunnin

Esimerkkilaitteeksi valitaan kirjoitushetkellä käytössä oleva PiiGAB M-Bus 900 sarjan M-Bus – Modbus -muunnin (kuva 9), jonka valmistaja on PiiGAB, Processinformation i Göteborg AB. Mallisarjan laitteita on saatavana 5, 20, 60 ja 120:lle M-Bus orjalaitteelle, jotka muuntavat mittarilukemat Modbus-väyläprotokollan mukaiseksi (RTU tai TCP/IP). Muunninlaitteen rekisterit konfiguroidaan laitteen oman ohjelmiston avulla halutunlaiseksi ja tämän jälkeen laite toimii itsenäisesti mittariväylän osana. [26].



Kuva 9. PiiGAB M-Bus 900 sarjan M-Bus – Modbus -muunnin [26].

7.3.4 Modbus – Modbus TCP (ethernet-verkko)

Muunnettaessa Modbus-väylä Modbus TCP -väyläksi, voidaan tietoa siirtää ethernet verkossa TCP / IP kerroksessa. Laitteita kutsutaan gateway-laitteiksi, joka tarkoittaa yhdyskäytävää tietoverkosta toiseen verkkoon samaan tai eri tiedonsiirtoprotokollaan.

EGX300 gateway -palvelin ja EGX100

Työn kirjoitus hetkellä valitaan Schneider Electricillä laajimmin käytössä olevat EGX300 ja EGX100 gateway-laitteet (kuva 10). Laitteiden suurimmat erot ovat EGX300 ominaisuus kerätä mittarilukematietoa muistiin (gateway-palvelin 64:lle mittarille), jolloin katkos tiedonsiirrossa kulutusseurantajärjestelmään tai valvomoon ei aiheuta tiedon häviämistä. Toinen poikkeava ominaisuus, verrattuna EGX100-laitteeseen, on uuden Modbus-laitteen luominen mittarilistaan. Esimerkiksi Schneider Electricin vesi- ja energiamittarit voidaan liittää vain EGX300-laitteeseen. Kolmas poikkeava ominaisuus on EGX300:sen web-pohjainen käyttöliittymä, jota voi käyttää kulutusten seurannassa, kaikkien mittaustietojen tarkastelussa (myös niiden joita ei siirretä eteenpäin) sekä sen kautta voi asettaa automaattisen raportoinnin esimerkiksi sähköpostiin. [24].



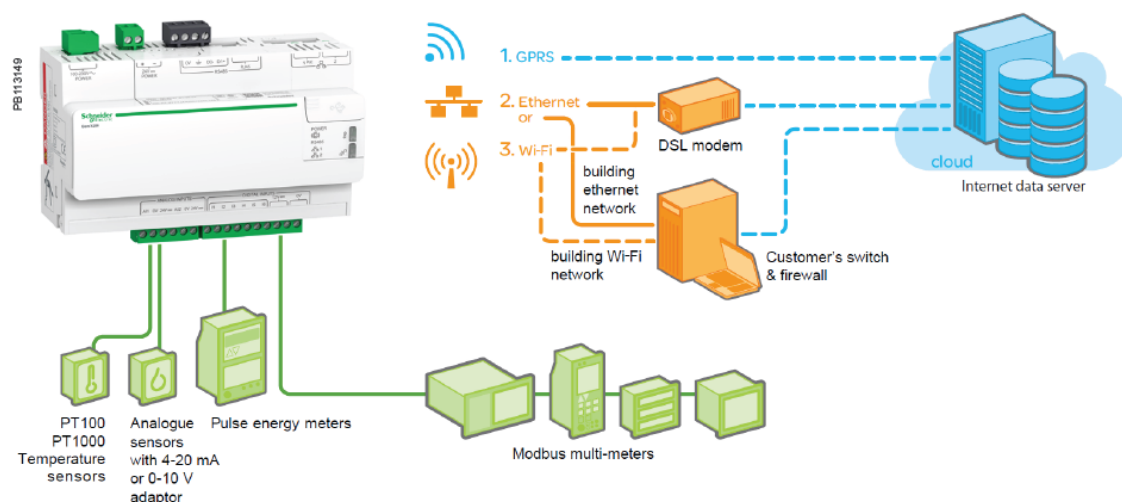
Kuva 10. Power Logic EGX300 gateway-palvelin (EGX100 on vastaavan näköinen moduuli) [24].

EGX100 mallia (kuva 10) käytetään keräämään niiden Modbus-laitteiden mittarilukemat erillisestä väylästä, joita ei pystytä liittämään EGX300:n Modbus-väylään esimerkiksi kaapelipituuksien takia. EGX100 lähettää mittarilukematiedot ethernetin kautta EGX300:lle, joka hoitaa myös näiden tietojen väliaikaisen tallennuksen.

Tietojen siirrossa EGX300:lta on useita vaihtoehtoja. Pääasiallinen tapa on käyttää ftp- tai HTTP-tiedonsiirtoa, jolloin gateway-laitteena toimiva EGX300 luo mittarilukemista tiedoston tai tiedostoja ja lähettää ne laiteasetuksissa määritetyille serverille. Mikäli mittarilukemia ei ole tarkoitus siirtää automaattisesti mihinkään järjestelmään voidaan lukemista luoda automaattinen raportti, jonka EGX300 lähettää ajastetusti sähköpostitse yhteen määritettyyn osoitteeseen [24].

Com’X 200 gateway-palvelin

Uutena vaihtoehtona tämän työn kirjoitus hetkellä EGX300:lle on Com’X 200 gateway-palvelin -laite (kuva 11). Laite on suunniteltu kattamaan kaikki kiinteistön kulutusten mittaamiseen liittyvät tiedonkeräys ja -siirto tarpeet. Laitteen liitännät on rakennettu kattamaan tarpeelliset mittaukset ja mittariväylät sekä tiedon eteenpäin lähettämiseen tarvittavat yhteysmuodot ja tiedostoformaatit. Tässä työssä pyritään kuvaamaan laite-esimerkein mittarointijärjestelmää ja sen komponentteja ja tässä Com’X 200 gateway-laite edustaa edukseen useasta komponentista koottua mittarointijärjestelmän palvelinta [24].



Kuva 11. Com'X 200 gateway-palvelin [24].

Com'X200 siirtää tietoa ethernetin kautta kulutusseuranta- tai energianhallintajärjestelmään kahden ethernet-portin tai langattoman lähiverkkosovittimen kautta. Mikäli lähiverkkoa ei ole saatavilla, voidaan yhteys muodostaa GPRS-yhteyden kautta. COM'X 200 tallentaa mittariväylän sekä muiden mittaussisääntulojen lukematiedot välimuistiin, jossa tiedot säilyvät myös mahdollisten tietoliikenneyhteyksien katkosten ajan. Gateway-laite kerää tietoa 6:den pulssisisääntulon, 2:den analogisen sisääntulon, Modbus RTU -mittariväylän ja Modbus TCP:n kautta (32 kpl max. Modbus laitetta). Muita laitelii-
tyntöjä ovat kaksi USB-porttia, joista toinen on lisämuistille ja toinen WLAN-sovittimelle. Gateway-laitteen analogisia sisääntuloja voidaan hyödyntää esim. lämpötilamittauksiin, ulko- tai sisälämpötilan, sähkökeskuksen lämpötilan tai kriittisen sähkökeskuksen ken-
non lämpötilan mittaukseen. [24].

7.4 Mittariväylät

7.4.1 Modbus RTU

Tiedonsiirrossa gateway -laitteelta mittareiden suuntaan käytetään asynkronista Modbus-tiedonsiirtoprotokollaa sekä monen pisteen RS485-sarjaliikenneväylää, jossa yksi isäntälaitte ohjaa useita orjalaitteita. Modbus spesifikaatio määrittelee kolme erillistä tiedonsiirtotapaa: ASCII, RTU (remote terminal unit) ja Modbus TCP. Sarjamuotoiselle liikenteelle on olemassa kaksi muunnelmää: Modbus RTU, joka on kompakti binaari-

nen datan esitysmuoto ja Modbus ASCII, joka on tekstipohjainen. Mittariväylässä käytetään Modbus RTU muunnelmää [27; 28].

7.4.2 Modbus TCP

Modbus TCP on atk-verkossa ethernetin TCP / IP kerroksessa toimiva tiedonsiirtotapa, jonka avulla voidaan yhdistää EGX100 gateway-laitteiden taakse liitetyt 1 – 32 kpl Modbus-laitetta yhteen EGX300 gateway-palvelimeen. Gateway-laitteisiin määritetään kiinteä ip-osoite (internetin protokollaosoite) ja TCP-portin numero (Transmission Control Protocol), jolloin ne voivat lähettää mittaritietoa palvelimelle tai olla yhteydessä valvomo-ohjelmistoon reaaliajassa. [24; 27; 28].

7.4.3 M-Bus

Vesi-, lämpöenergia- ja kylmäenergiamittareissa on yleisemmin käytössä M-Bus (Meter Bus) -tiedonsiirtoprotokolla, joka on määritelty eurooppalaisen standardin EN1434 mukaan. Suurimpia etuja M-Bus -väylässä verrattuna Modbus-väylään on vapaampi verkotopologia. Kytchentätapana voidaan käyttää sarja-, tähti- tai yhdistelmäkytkentää. M-Bus -väylän pituus voi olla useita kilometrejä, mutta suositeltava maksimipituus on 4 km verrattuna Modbus-väylän 1 km:iin. [29; 30].

Schneider Electricin kulutusseurantajärjestelmien tiedonsiirto rakennetaan mittareilta gateway-laitteiden kautta pilvipalveluna toimivaan Energy Operation -järjestelmään tai reaaliaikaisesti valvomo-ohjelmisto SPM7:ään Modbus TCP tiedonsiirtotavan mukaisesti. Kiinteistön kulutuslajien mittaroinnissa gateway-laitteet (EGX100 ja EGX300) liikennöivät mittariväylässä Modbus-tiedonsiirtoprotokollan mukaisesti, joten mittarointijärjestelmän toteutuksen kannalta on järkevää valita laitteet, jotka kommunikoivat samassa väylässä ilman väylämuuntimia. Mikäli kiinteistössä on olemassa mittareita, jotka ovat M-Bus -väylä yhteensopivia ja mahdollisesti jo kytkettykin M-Bus -väylään, mutta eivät sovellu Modbus-väylään, voi olla taloudellisempaa rakentaa tiedonsiirto väylämuuntimen avulla Modbus-väylään.

7.5 Sähkömittarit

Kiinteistön tulee tuntee sähkönkulutuksensa niin kuin muut energian kulutuspisteensä. Tässä työssä esitellyllä sähkön mittausjärjestelmän komponenteilla mitataan tehokkaasti ja kilpailukykyisesti kiinteistön sähkönkulutus eri kulutuspisteistä. Rakennuksen sähköenergiakulutus jakaantuu laitesähkökulutukseen eli valaistukseen, ilmanvaihtojärjestelmän, jäähdytyksen ja laiteryhmäkohtaiseen sähkönkulutukseen (esim. atk-pistorasiat). Laitesähkökulutuksen lisäksi voi olla lämmitystavasta riippuen sähkölämmityksen kulutus.

Kiinteistössä on yksi liittymäkohtainen pääsähkönmittaus. Kaikki muut kiinteistössä olevat mittarit ovat jälkimittauksia. Päämittauksen asentaa sähkönsiirrosta vastuussa oleva energian myyjä, joten laitevalintoihin ei tältä osin pääse yleensä vaikuttamaan [17].

Sähkömittaroinnin tarpeet vaihtelevat suuresti sekä tiedonsiirrollisesti että mittauksen tarkkuuden ja laadun suhteen eri kiinteistöissä. Tässä työssä esitelty Schneider Electric mittausjärjestelmä on muuntojoustava ja skaalautuva tarpeen mukaan eli mittareiden ominaisuuksia ja mittareiden määriä voidaan muuttaa myös myöhemmin.

Sähkömittausjärjestelmä voidaan jakaa suppeaan kulutustiedoista koostuvaan perusmittaukseen, laajaan ja tarkkaan sähkönlaadun mittaukseen sekä sähköverkon laajempaan valvontaan ja tarkkaan sähkönlaadun analysointiin. Jokaisesta kategoriasta voidaan mittauksen lisäksi suorittaa tiedonkeruuta joko seurantajärjestelmän (valvomon, kulutus- tai energianhallintajärjestelmän) puolella sekä laitevalinnasta riippuen myös paikallisesti sähkömittarissa. Tiedon laadukas jalostaminen ja analysointi vaativat aina tiedonsiirtoyhteyksillä varustetun valvomon tai energiahallintaohjelmiston [17].

Sähkömittarit jaetaan kolmeen pääryhmään ja jokaisen ryhmän mittareista löytyy laitemalleja eri ominaisuuksilla käyttötärpeesta riippuen. Laitteiden ominaisuudet ja hinnat limittyvät pääryhmien välillä, joten sopivia mittareita voi olla useita. Laitevalinnassa huomioitavia asioita mittavien suureiden lisäksi ovat mittauksen tarkkuus, mittaustapa (suoramittaus vai mittamuuntajien välityksellä), mittarin asennuspaikka (DIN-kisko tai paneeliasennus) sekä tiedonsiirto-ominaisuudet. Tässä työssä ei esitellä pelkällä pulssiulostulolla varustettuja mittareita vaan keskitytään väylämittareihin johtuen tiedonsiirron valvontamahdollisuudesta. Poikkeuksena tästä on Schneider Electricin Acti 9

Smartlink -järjestelmä, jossa järjestelmän Smartlink-kisko valvoo siihen liitettyjä pulssimittareita [31].

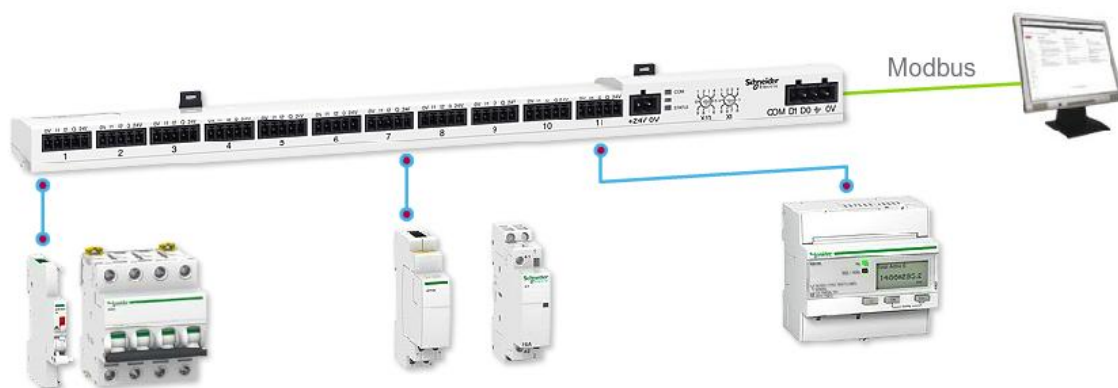
Esitelty mittarointijärjestelmä ja sen useimmat sähkömittarit sekä pulssinkeräin pystyvät ottamaan vastaan pulssitietoa muista lähteistä, mikä voi olla tarpeen esimerkiksi lämpöenergian ostopistemittarin liittämiseksi mittarointijärjestelmään. Työn ulkopuolelle on jätetty myös tasavirtapiirit eli esimerkkimittarit on tarkoitettu normaalin jakeluverkon vaihtovirtapiirien mittaamiseen. Sähkömittareiden jaon pääryhmät ja esimerkki laitteet tämän työn kirjoitus hetkellä ovat esitelty seuraavan Acti 9 Smartlink -järjestelmän yleisen esittelyn jälkeen.

Acti 9 Smartlink -järjestelmä, Modbus RTU ja TCP/IP mallit

Acti 9 Smartlink -järjestelmä keskittää ja kerää keskusten jakelupaneelien sähkömittareiden tietoa Smartlink-kiskon kommunikaatiomodulin kautta suoraan Modbus-väylään (RTU tai TCP/IP). Acti 9 Smartlink Ethernet toimii gateway-laitteena (yhdyskäytävä) sekä tarjoaa web-pohjaisen käyttöliittymän asetusten määrittelyyn sekä siihen kytkettyjen laitteiden ja mittareiden valvontaan (kuva 12).

Yhdessä Smartlink Ethernet -laitteessa on seitsemän digitaalista kanavaa ja yksi analoginen kanava ja Smartlink RTU -laitteessa 11 digitaalista kanavaa. Yksi digitaalinen kanava sisältää kaksi tuloa ja yhden lähdön sekä 24 VDC sähkönsyötön moduulikomponentille. Kojeet liitetään Smartlink kiskoon tehdasvalmiilla kaapeleilla, joita on saatavana kolmea eri pituutta. Liitettävistä kojeista saadaan useita eri tietoja riippuen laitemallista ja laiteryhmästä. Esimerkiksi katkaisijoista ja vikavirtakytkimistä saadaan auki/kiinni tilatieto, hälytystieto, auki/kiinnikytcentöjen määrä ja laukaisujen määrä. Laiteryhmiä ovat johdonsuojaus, vikavirtasuojaus, ylijännitesuojaus, kontaktorit ja releet, mittaus, kytkimet ja painikkeet, aikaohjaus, muuntaja ja summerit sekä valaistuksen ohjaus. Sähkömittareista saadaan tila- ja hälytystiedot sekä sähkön mittaustiedot. [24; 31].

Järjestelmää käytetään keskitettyyn ryhmälähtöjen etähallintaan. Järjestelmän avulla kerätään lähtöjen tilatiedot, ohjataan kontaktoreita ja mitataan sähköenergiaa. Järjestelmää voidaan käyttää ohjauksen automatisointiin ja aikataulutukseen sekä kuormien energiankulutuksen optimoimiseen [24; 31].



Kuva 12. Acti 9 Smartlink-kisko sekä liitettäviä kojeita [31].

7.5.1 Perusmittarit

Perusmittariksi soveltuu esimerkiksi alalaskutukseen Acti 9 iEM3000-sarja sekä Acti 9 Smartlink järjestelmään liitettynä Acti 9 iEM2000-sarja ja Acti 9 iME-sarja.



Kuva 13. Perusmittari Acti 9 iEM3000-sarja [24].

Acti 9 iEM3000-sarja

Schneider Electricin DIN-kisko kiinnitteiset Acti 9 iEM3000 sarjan mittarit ovat kustannustehokas valinta alalaskutukseen ja kustannusjakolaskentaan. Mallisarjassa 3100-sarja on tarkoitettu suoraan mittaukseen 63 A asti ja 3200-sarja on tarkoitettu käytettäväksi 5 A virtamuuntajien kanssa. Osa malleista soveltuu myös jännitemuuntaja-asennuksiin. Esitelty 3000-mallisarja sopii käytettäväksi 1-vaihe ja 3-vaihe tyyppisissä

jakelujärjestelmän mittauksissa. Syöttöjännite on 220VAC ... 240VAC 50/60Hz ja ympäristön käyttölämpötila alue -25 °C... +55 °C.

Acti 9 iEM3000 energiamittarin jännitteen ja virran tarkkuusluokka on 0,5 % sekä tehon 1 %. Energiamittari on luokkaa 1 standardin IEC62053-21 (liite 2 standardiluettelo) mukaan sekä tehonmittaus standardin IEC61036 mukaan. Energiamittari täyttää kategorian III vaatimukset, jotka on määritelty Rakennusten Asennusmääräyksissä SFS6000 (IEC364), CE vaatimukset sekä on testattu EMC vaatimusten mukaisesti IEC61000-2, -3, -4, -5 luokat 3 ja 4. Mittarit ovat myös MID sertifioituja (liite 2 standardiluettelo), joka esimerkiksi sallii kyseisten mittareiden käytön alalaskutukseen EU maissa. Muista noudatetuista standardeista on tarkempi luettelo mittareiden teknisissä esitteissä, jotka löytyvät Schneider Electricin kotisivujen kautta. [24; 32].

Seuraavana on listattuna perussähkömittarin mittaussuureita ja ominaisuuksia. Ylemissä pääryhmissä löytyvät vähintään nämä ominaisuudet ja niitä ei erikseen mainita pääryhmien kappaleissa.

Perussähkömittarin mittaussuureita ja ominaisuuksia ovat

- vaihevirta
- nollavirta
- pää- ja vaihejännite
- pätöteho (kW), vaiheittain ja kokonaisteho
- loisteho (kVAR), vaiheittain ja kokonaisteho
- taajuus
- pätöenergia (kWh)
- loisenergia (kVARh)
- huipputeho kW hälytys
- käyttötuntiaika
- pulssituloja 2 kpl esimerkiksi lämpöenergia- ja vesimittareille.

Acti 9 iEM2000-sarja ja Acti 9 iME-sarja

Acti 9 Smartlink -järjestelmään liitettynä tässä kappaleessa esitelty mittarit keräävät keskusten jakelupaneelien sähkönkulutustietoa kommunikaatiomodulin kautta suo-

raan Modbus-väylään. Mittareista saadaan tila- ja hälytystiedot sekä sähkön mittaus-tiedot.

Acti 9 iEM2000 -sarja on tarkoitettu 1-vaihepiirien pätötehon kulutuksen mittaamiseen 40 A asti ilman virtamuuntajia. Kulutustieto välitetään pulssien avulla Smartlink-kiskon kommunikaatiomodulille. Acti 9 iEM2000 -sarjan mittarit noudattavat kansainvälisiä standardeja IEC 61557-12 ja IEC 62053-21 (luokka 1) ja iEM2000/2010 mallit myös MID-direktiiviä. Standardiluettelo liitteenä (liite 2).



Kuva 14. Acti 9 iEM2000- ja iME-sarjan mittarit sekä Smartlink-kisko [31].

Acti 9 iME -sarja on myös 1-vaihepiirien pätötehon kulutukseen mittaamiseen tarkoi-tettu energiamittari. Mittari on suunniteltu suoraan mittaukseen 63 A asti nollajohdon kanssa tai ilman sitä. Voidaan käyttää myös virtamuuntajien kanssa. Acti 9 iME -sarjan mittarit noudattavat kansainvälisiä standardeja IEC 61557-12 ja IEC 62053-21 (luokka 1) mutta eivät MID-direktiiviä [24]. Standardiluettelo liitteenä (liite 2).

7.5.2 Kehittyneet perusmittarit

Pääryhmä 2:ssa ovat kehittyneet perusmittarit, joissa on sähkönlaadun valvontaomi-naisuuksia ja verkkoanalysointit PM3000-sarja ja PM5000-sarja.



Kuva 15. Kehittyneet perusmittarit PM3000-sarja sekä verkkoanalysaattorit PM5000-sarja [24].

PM3000-sarja

Pääryhmä 2:den mittarimalleista perusmittareiksi sopii myös PM3200 mittarit. Esitellyt mallit sopii käytettäväksi 1-vaihe ja 3-vaihe tyyppisissä jakelujärjestelmän mittauksissa vakio xxx/5 A virtamuuntajien välityksellä. Tästä mallisarjasta seuraavien kolmen mallin ominaisuuksilla päästään tekemään myös sähkön laadun seuranta. Harmonisten yliaaltojen (THD Total Harmonic Distortion) mittauksessa mitataan yliaallot sinimuotoisen verkkosähkön perusaallon viidenteentoista monikertaan asti. Harmoninen kokonaissärö (THD) on kaikkien harmonisten taajuusvirtojen tai jännitteiden suhde virran ja jännitteen perusaaltoon ilmaistuna prosenttiosuutena. Aihetta käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.2.5.

Seuraavaksi on listattuna PM3000 mallisarjan tärkeimpiä teknisiä ominaisuuksia **perussähkömittarin mittaussuureiden ja perusvaatimusten lisäksi, joita ovat**

- loisteho (kVAR), vaiheittain ja kokonaisteho
- näennäisteho (kVA), kokonaisteho
- tehokerroin, kokonaiskerroin kaikki vaiheet
- näennäisenergia (kVAh)
- huipputehot (kWd, kVARd, kVAd) hetkittäinen ja maks. arvo. [24].

PM5000-sarja

Pääryhmä 2:den mittarimalleista PM5000 – sarjan paneeliasennettavat mittarit sopivat tarkkoihin kustannustenhallintasovelluksiin, alalaskutukseen, kohdennetun energian-säästötoimenpiteen seurantaan ja toteamiseen laitteiden tehokkuuden ja käyttöasteiden optimoinnissa sekä korkean tason sähkön laadun mittaamiseen ja arviointiin.

Alla on listattuna PM5000 mallisarjan tärkeimmät ominaisuudet.

- Tarkkuusluokat pätöenergian mittauksessa ovat 0.2S PM5500 malleissa ja 0.5S PM5100 ja PM5300 malleissa.
- Tarkkuusluokat loisenergian mittauksessa ovat 1 PM5500 mallit ja 2 PM5100 ja PM5300 mallit.
- Määräysten EN50470 - 1/3 (MID) , IEC 61557-12 , IEC 62053-21/22 , IEC 62053-23 mukainen (standardiluettelo liite2).
- Saatavilla olevat kommunikointi protokollat RS 485 portin kautta ovat Modbus RTU, Modbus ASCII sekä JBUS. Lisäksi PM5500 mallissa on kaksi Ethernet-porttia joka mahdollistaa mittareiden ketjutuksen käytettäessä Modbus TCP/IP -protokollaa.
- Mittarikohtainen web-sivu (PM5500 mallit) mahdollistaa reaaliaikaisen ja tallennetun tiedon katselun.
- Aikaleimattu tiedonkeruu ja tallennus (PM5300 ja PM5500 mallit) varmistaa mitatun tiedon säilymisen sähkökatkon tai tietoliikennekatkoksen sattuessa.
- PM5350-mallissa on kaksi relelähtöä, joilla voi ohjata suurta kuormaa esimerkiksi useimpien katkaisijoiden ohjauskeloja. Lisäksi valvottuja kytkimiä voi johdottaa suoraan mittarille ilman ulkoista virtalähdettä.
- Aikaleimattujen huippuarvojen ja hälytysten tallennus.
- Useita tariffeja (PM5300 ja PM5500 mallit) jotka lisäävät joustavuutta laskutusrakenteeseen.
- Harmonisten yliaaltojen yksilöinti (THD ja TDD) auttaa paikantamaan häiriön lähteen. Yliaaltojen voimakkuuksien ja kulmien mittaaminen virrasta ja jännitteestä suoritetaan PM5500 malleissa 63:n harmonisen monikertaan asti.
- Graafinen näyttö.
- 4 virtatuloa (PM5500 mallit) joka mahdollistaa myös nollajohdon mittaamisen yli-kuormituksen välttämiseksi vaihekuormien ollessa epälineaarisia.
- Laaja jännitealueen (vaiheiden välinen 690 V:iin asti).
- Reaaliaikainen kello akkuvarmistuksella. [24].

7.5.3 Kehittyneet verkkoanalysaattorit

Pääryhmän 3 esimerkkilaitesarjaksi valittu PM800-sarja soveltuu sähköverkon laajempaan valvontaan ja tarkkaan sähkönlaadun analysointiin.



Kuva 16. Kehittynyt verkkoanalysaattori PM800-sarja [24].

PM800-sarjan paneeliasennettavat mittarit ovat korkean suorituskyvyn analysaattoreita sähkönsyötön tai kriittisen kuorman sähkönlaadun valvontaan. Alempien pääryhmien mittareiden ominaisuuksien lisäksi PM800 tarjoaa esimerkiksi aaltomuotojen talteenoton sekä yksittäisten virran ja jännitteen harmonisten lukemat. Muita ominaisuuksia ovat jännitteiden ja virtojen häiriöiden havaitseminen ja määriteltävä aaltomuodon talteenotto (kuvankaappaus aaltomuodosta). Kaikki tieto tallennetaan tarkan aikaleiman kanssa. GPS-aika ja päivämäärä voidaan synkronisoida digitaalisen portin kautta. Mittauksiin voidaan asettaa 50 hälytystilannetta mukaan lukien digitaaliset tulot.

Alla on poimittu joitakin PM800 mallisarjan monista ominaisuuksista.

- Tarkkuusluokat pätöenergian mittauksessa ovat ANSI 12.20 standardin mukaan luokka 0.2S ja IEC 62053-22 standardin mukaan luokka 0.5S (standardiluettelo liite 2).
- Mittari sopii pien- ja keskijännitejakelujärjestelmiin.
- Paneeliasennus tai vaihtoehtoisesti DIN-kiskoasennus. Jälkimmäisessä asennustavassa voi valita etänäytöllä tai ilman näyttöä olevan mittarimallin.
- Useita digitaalisia tuloja joiden pulsseja voidaan summata mittarissa.

- PM850/70 mittareilla voidaan suorittaa EN50160 , ITI (CBEMA) / SEMI F – 47 standardien mukaisia sähkönlaadun arviointia sekä valvoa ANSI C37.90.1 mukaisia releiden ja relejärjestelmien virtakestoisuustestejä ja IEC 61000-4-12 mukaisia häiriöjännitekokeita.
- Harmonisten yliaaltojen yksilöinti (THD ja TDD) auttaa paikantamaan häiriön lähteen. Yliaaltojen voimakkuuksien ja kulmien mittaus virrasta ja jännitteestä suoritetaan 63:nteen harmonisen monikertaan asti. Mittari ottaa 128 näytettä jokaisesta jaksosta [24].

Neljäs sähkömittari ryhmä olisi vaativiin kohteisiin esim. datakeskuksiin ja sähkönjakelukeskuksiin tarkoitetut analysaattorit, joita ei tässä työssä esitellä. Analysaattorimalleja ovat ION7650 ja ION8800 analysaattorit, jotka räätälöidään hyvinkin yksityiskohtaisesti tilaajan tarpeiden mukaisiksi.



Kuva 17. Analysaattorit ION7650 ja ION8800 [24].

7.6 Vesi, lämpö- ja kylmäenergiamittarit

Tässä työssä suositellaan käytettäväksi veden virtauksen mittaukseen ultraääneen perustuvaa virtausmittausta, joka koostuu staattisesta virtausanturista (ei liikkuvia ja kuluvia osia) ja laskijalaitteesta. Mittausmenetelmällä pyritään poistamaan mekaanisen mittarin kulumisesta seuraava tarkkuusliukuma ja tästä johtuva mittarin vaihtotarve.

Virtaus mitataan käyttämällä kaksisuuntaista, kulkuaikamenetelmään perustuvaa ultraäänitekniikkaa. Kaksi ultraäänianturia lähettää äänisignaaleja sekä virtauksen suuntaisesti että sitä vastaan. Virtauksen suuntaisesti kulkeva ultraäänisignaali saavuttaa vas-

takkaisen anturin ensin. Aikaero näiden kahden signaalin vastaanottamisen välillä voidaan muuttaa virtauksen nopeudeksi ja siten veden määräksi [33; 34].



Kuva 18. Ultraäänimittauksen toimintaperiaate [34].

Esimerkkilaitteina käytetään Schneider Electric / Kamstrup merkkiä Multical-sarjan vesi- ja energiamittareita, joiden mallivalikoima kattaa lämpimän ja kylmän käyttöveden mittarit sekä lämpö- ja kylmäenergian mittarit tarvittavilla lisämoduuleilla. Mittareihin voidaan liittää kaksi kappaletta lisämoduuleita, joilla määritellään laitteen tekniset ominaisuudet sähkönsyötön (24 AC, 230 VAC tai akku), pulssien keräyksen ulkoisilta mittareilta ja tiedonsiirron osalta. Tiedonsiirtotapoja ja protokollia ovat yleisimmät väylät, Ethernet IP sekä pulssi- ja virtaviestit. Langattomat tiedonsiirtomoduulit ovat Zigbee:lle, M-bus:lle ja 434 MHz:n radiotaajuudelle sekä gsm:lle ja 3G:lle [23]. Tämän työn mittarointijärjestelmän periaatekuvassa (liite 3) käytetään Modbus-tiedonsiirtoprotokollaa, langallista ja langatonta M-bus -tiedonsiirtoprotokollaa sekä pulssiluentaa.

Kyseisten mittareiden laskijalaite kykenee suorittamaan myös vianetsintään ja diagnosointia. Mittareiden sisäinen järjestelmä valvoo useita tärkeitä toimintoja kuten mittausjärjestelmän vikoja, jännitekatkoksia, vuotoja, putkirikkoja ja onko virtausanturi on asennettu oikeaan suuntaan. Laskijalaite tallentaa lukematietoa ja tapahtumia useiden ajanjaksojen ryhmiin, joista pisin on 15 vuotta. Laitteessa on reaaliaikainen kello, joka huomioi myös kalenterin poikkeuspäivät. Mittarit ovat hyväksytyjä vesi- ja energialaistosten asentamina kulutusten laskutuskäyttöön.

Lämpöenergiamittarit

Mitattaessa lämpö- tai kylmäenergiaa tulee laitetoimituksen mukana laskijalaitteen ja virtausputken lisäksi tarkasti yhteen sovitettut lämpötila-anturit energian laskentaa varten. Lämpötila-anturit sijoitetaan mitattavan piirin meno- ja paluuputkiin, joista mitataan lämpötilaero. Laskijalaitteesta saadaan haluttu energia- ja virtauslukemat virtausanturin (virtausputki) ja lämpötila-antureiden mittausten avulla (kuva 19).



Kuva 19. Schneider Electricin lämpöenergiamittari Multical 602 [24].

Kiinteistöön tuleva lämpö- ja jäähdytysenergian ostopistemittaukset ovat yleensä energianmyyjän etäluennassa, mutta niistä voi tilata pulssiliitynnät energian ja vesimäärän mittaamiseen kiinteistön omaan järjestelmään.

Esimerkkilaitte Multical 602 -laskijalaite (kuva 19) on tarkoitettu kaikkiin vettä sisältävien järjestelmien lämmön ja jäähdytyksen mittaamiseen, joissa väliaineen lämpötila on 2 °C – 180 °C lämpöenergian mittauksessa ja 2 °C...50 °C kylmäenergian mittauksessa. Laskijalaitetta käytetään yhdessä yhteen sovitettun ULTRAFLOW 54 -virtausanturin ja kahden lämpötila-anturin kanssa. Poikkeuksena jäähdytyssovelluksissa qp 100 m³/h saakka käytetään ULTRAFLOW 14 -virtausanturia. Virtaama-alue kattaa nimellisvirtauskoot (qp) 0,6 m³/h...1 000 m³/h.

Mittarit täyttävät EU-direktiivit MID (mittauslaitedirektiivi), LVD (pienjännitedirektiivi) ja sähkömagneettisen yhteensopivuuden (EMC-direktiivi). Direktiivit on luetteloitu liitteenä

olevassa standardiluettelossa (liite 2) ja tarkemmat luokitukset mittareiden vaatimustenmukaisuusvakuutuksista (Declaration of conformity) [35].

Vesimittari Multical 62

Vesimittareiden toimintaperiaate on muuten sama kuin energiamittareiden, mutta ilman lämpötilamittauksia, joita tarvitaan energian laskentaan. Virtausanturi eli virtausputki toimii ultraääniperiaatteella ja mittaa veden virtausta. Virtausputken materiaalit ovat hygieenisiä ja juomaveden tarkoitettuja.



Kuva 20. Kamstrup Multical 62 vesimittarit [36].

Yllä olevassa kuvassa (kuva 20) on Kamstrup Multican 62 vesimittarit kylmälle ja lämpimälle vedelle sekä virtausputkia eri kokoja. Kiinnitystavat ovat kierre- tai laippaliitos. Laskijalaite voidaan kiinnittää virtausputkeen tai erillisen kiinnikkeen avulla maksimissaan 1,5 m päähän virtausputkesta esimerkiksi paremmin luettavaan paikkaan.

Laskijalaite kerää kumulatiivista kulutustietoa, jonka lisäksi mittarista saadaan hetkellinen virtaaman, virtaaman maksimi- ja minimiarvot, käyttötuntimäärä sekä tilakoodi ja asiakasnumero. Laskijalaite voidaan asettaa lähettämään hälytyksen, mikäli mittari ei

havaitse yhden tunnin mittaista virtauksetonta jaksoa. Tällöin kyseessä on todennäköisesti vuotava vesikaluste, varaaja tai putkiston vesivuoto.

Vesimittari Multical 21

Multical 21 sarjan ultraäänimittarit sopivat kylmän ja lämpimän käyttöveden mittaamiseen pienempien putkikokojen ja virtaamien mittaustarpeissa. Kuvassa kylmävesimittari (kuva 21). Tyypillisiä kohteita ovat huoneistokohtaiset mittaukset, liikekeskuksen liiketilakohtaiset mittaukset sekä teollisuuden kohteet edellä mainituin rajoittein [37].



Kuva 21. Kamstrup Multical 21 kylmävesimittari [37].

Mittarin tekniset ominaisuudet poikkeavat Multical 62 -sarjasta eniten kokovaihtoehtojen ja tiedonsiirron osalta. Mittarimallia on saatavilla 1,6 m³/h...4,0 m³/h nimellistilavuusvirtaukselle kierrelitoksella varustettuna. Multical 21 on hermeettisesti suljettu ja testattu IP68 mukaisesti (Euroopassa käytössä oleva järjestelmä sähkölaitteiden tiiviiden määrittämiseksi), joten se sopii asennettavaksi myös mittarikaivoihin. Tiedonsiirto tapahtuu langattomasti, joko optisen liitännän kautta tai langattoman M-bus -väylän kautta 16 sekunnin välein. Vesimittarin virtalähteenä on sisäinen litiumparisto, jonka käyttöikä on jopa 16 vuotta. Pariston pitkän käyttöiän varmistamiseksi mittarin lähettämä datapaketti sisältää vain laskutuksen kannalta tärkeimmät mittariluennat, jotka ovat lähetyshetken mittarilukema, mittarin lukema kuukauden ensimmäisenä päivänä tai maksimi virtaama viimeisen kokonaisen kuukauden aikana, aktiivisten infokoodien luettelon sekä viimeisen 30 päivän aikana aktiivisena olleiden infokoodien luettelon.

Mittarista on saatavissa useita hälytyksiä, joita ovat vesivuoto (pieni, mutta jatkuva), putkirikko (suuri jatkuva vedenkulutus), huijausyritys (mittari ei ole enää kelvollinen laskutukseen), kuiva mittari (ei vettä mittausputken sisällä), väärä virtaussuunta sekä kuljetustila (vesi ei ole vielä virrannut putken läpi). Hälytykset lähetetään infokoodien mukana langattoman M-bus:n kautta. [37].

8 Yhteenveto

Tämän insinööriyön aiheen valinta perustuu kirjoittajan omassa työssään tarvitsemaan tietoon sekä Schneider Electricin tarpeeseen koota pirstaloitunut tieto paremmin saatavilla olevaksi työkaluksi. Tavoitteiden yhdistyttyä lähes täydellisesti alkoi tiedon kerääminen Schneider Electricin sisäisestä verkosta sekä ulkoisten laitetoimittajien ja tahojen puolelta. Samanaikaisesti toteutettiin eritasoisia mittarointijärjestelmiä, joiden suunnittelusta ja toteutuksesta on kerätty kokemukset tähän työhön.

Kiinteistöjen mittausjärjestelmien hyödyt ovat kiistattomat ja niihin tullaan panostamaan jatkossa entistä enemmän älykkäiden sähköverkkojen lisääntyessä rakennuskannassa ja energian hintojen jatkaessa kasvuaan.

Ulkoiset paineet kiinteistön omistajille rakentaa yksityiskohtainen energiankulutuskohdeiden mittausjärjestelmä, tulee valtiovallan puolelta rakennusmääräysten muodossa sekä organisaatioiden kestävä kehityksen tavoitteista. Painetta niiden toteuttamiseen luo yritysten ylin johto, omistajat sekä ympäristötietoiset kansalaiset. Kiinteistön energiankäytön hallinta ja tehostaminen vaatii tietoa mistä käyttö muodostuu. Kattava mittarointijärjestelmä osana energianhallintajärjestelmää auttaa yrityksen johtoa ja päättäjiä tunnistamaan alueet, joilla käyttökustannuksia voidaan alentaa käyttäen faktatietoa päätöksen teon apuna.

Tämä insinööri työ toimii oppaana mittarointijärjestelmiin, jossa kerrotaan mittarointihankkeen vaiheet kartoituksesta käyttöönottoon sekä esittelee tekniseltä puolelta mittariväyliä, tiedonsiirtoa, mittareita sekä energianhallintaohjelmistoja. Esitellyt mittarointijärjestelmät kattavat ostoenergiatyyppien sähkö, lämpö ja kylmä sekä veden kulutuksen mittaroinnin sekä raportoinnin ja mittaustietojen analysoinnin.

Työn aikana selvisi, että laitekannan ja menetelmien jatkuvasti kehittyessä on suunnittelijoiden suuntauduttava ja erikoistuttava entistä enemmän mittarointiin liittyviin asioihin pysyäkseen kehityksen mukana. Vain hyvän suunnittelun lopputuloksena voidaan saada energiahallintajärjestelmä, jonka prosessien tuottaman kulutus- ja energiatietojen laatu kestää tarkastajien, viranomaisten, asiakkaiden ja sidosryhmien tarkastelun, unohtamatta ammattitaitoisen toteutusorganisaation merkitystä onnistuneeseen lopputulokseen.

Lähteet

- 1 Kuluryhmä energianhallinta. Energiatehokkuutta ja kustannusoptimointia hakemassa. 2013. Verkkodokumentti. Expense Reduction Analysts. <<http://expensereduction.eu/fi/blog/kuluryhm%C3%A4-energianhallinta-energiatehokkuutta-ja-kustannusoptimointia-hakemassa>> Luettu 22.3.2014.
- 2 Energiatehokkuussopimukset. Taustalla kansainväliset sopimukset ja velvoitteet. Verkkodokumentti. Sivuston ylläpito Motiva Oy. <http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista/taustat/>. Päivitetty 11.4.2014. Luettu 12.4.2014.
- 3 Energiatehokkuussopimukset. Energiatehokkuussopimusten tavoitteet. Verkkodokumentti. Sivuston ylläpito Motiva Oy. <http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista/energiatehokkuussopimusten_tavoitteet/>. Päivitetty 11.4.2014. Luettu 12.4.2014.
- 4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2014. Verkkodokumentit. Ympäristöministeriö. <http://www.ym.fi/fiFI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/>. Päivitetty 9.4.2014. Luettu 12.4.2014.
- 5 Stenman Marko. 2010. Toimistorakennusten sähkösuunnittelu LEED-ympäristöluokituksen kannalta. Diplomityö. Aalto yliopiston teknillinen korkeakoulu. Espoo. 59 s.
- 6 Hiltunen Kari. 2010. Mittaus- ja valvontasuunnitelman laatiminen LEED-sertifikaatin vaatimusten mukaisesti. Diplomityö. Aalto yliopiston teknillinen korkeakoulu. Espoo. 68 s.
- 7 Mitä ovat LEED ja LEED-sertifiointi. 2011. Verkkodokumentti. ERMS / Fimera Oy. <<http://www.erms.fi/cms/fi/vihreae-rakentaminen/mikae-leed-on>>. Luettu 22.3.2014.
- 8 Esittelyssä Energy Operation: StruxureWare-sovellus, joka alentaa energiankulutusta. Schneider Electricin uutissivut. 1.11.2012. Verkkodokumentti. Schneider Electric Finland Oy. <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/yritys/uutiset/uutisnaytto.page?c_filepath=/templatedata/Content/News/data/fi/local/ajankohtaista/general_info/2012/11/20121108_esittelyssa_energy_operation_struxurewaresovellus_joka_alentaa_energia.xml>. Luettu 23.3.2014.
- 9 Kulutusseuranta - merkitys ja menetelmät. Verkkodokumentti. Taloyhtiö.net. <<http://www.taloyhtio.net/hoku/energia/seuranta/>>. Luettu 22.3.2014.
- 10 Sähkön jälkimittausjärjestelmän tekninen toteutus. 2012. Sisäinen dokumentti. Schneider Electric Finland Oy. Luettu 21.4.2014.

- 11 Energiankulutus ja seurantatiedot. Verkkodokumentti. Motiva.
<http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiankulutus_ja_seurantatiedot>. Päivitetty 4.6.2013. Luettu 22.3.2014.
- 12 Jan Mattsson. 2012. Lämmityksen ja sähkön sääkorjaustapojen analysointi. In-sinööriö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Espoo 55 s.
- 13 Mittaa analysoi säästä. Schneider Electricin uutissivut. 3.9.2009. Verkkodokumentti. Schneider Electric Finland Oy. <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/yritys/uutiset/uutisnaytto.page?c_filepath=/templatedata/Content/News/data/fi/local/ajankohtaista/general_info/2009/09/20090903_mittaa_analysoi_saasta.xml>. Luettu 23.3.2014.
- 14 Täsmällisillä tiedoilla parempiin energiapäätöksiin ja pienempiin kustannuksiin. Schneider Electricin uutissivut. 8.6.2012. Verkkodokumentti. Schneider Electric Finland Oy. <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/yritys/uutiset/uutisnaytto.page?c_filepath=/templatedata/Content/News/data/fi/local/ajankohtaista/general_info/2012/05/20120523_tasmallisilla_tiedoilla_parempiin_energiapaatoksiin_ja_pienempiin_kust.xml>. Luettu 23.3.2014.
- 15 Energy Operation V11. 2014. Sisäinen dokumentti. Schneider Electric Finland Oy. Luettu 23.3.2014. Modbus. 2013. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Modbus>>. Luettu 13.2.2014.
- 16 Energia- ja kulutusseuranta. 2013. Sisäinen dokumentti. Schneider Electric Finland Oy. Luettu 21.4.2014.
- 17 Sähkön mittausjärjestelmän tekninen toteutus. Sisäinen dokumentti. Schneider Electric Finland Oy. Luettu 21.4.2014.
- 18 Sähkösanasto. Verkkodokumentti. Fluke Finland Oy.
<<http://www.fluke.com/fluke/fifi/sovellukset/sahko/sahkosanasto.htm>>. Luettu 12.2.2014
- 19 Leena Korpinen, Marko Mikkola, Tommi Keikko, Emil Falck. Yliaalto-opus. Verkkodokumentti. <<http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf>>. Luettu 21.4.2014.
- 20 Mittarointiprosessi. 2014. Jouni Hukka. Sisäinen dokumentti. Schneider Electric Finland Oy. Luettu 21.2.2014.
- 21 Sähköenergian Mittaus. Verkkodokumentti. Tampereen Sähkölaitos Oy.
<<https://www.tampereensahkolaitos.fi/sahkoverkkopalvelut/sahkomittarit/TSV-mittausohje/Sivut/default.aspx#.U0KRsvfvUoM>>. Luettu 11.4.2014.
- 22 Käyttöveden mittaus. 2013. Sisäinen dokumentti. Schneider Electric Finland Oy. Luettu 21.4.2014.

- 23 Kamstrup Multical 602 energiamittarin tekninen esite. Verkkodokumentti. Kamstrup A/S. <<http://kamstrup.fi/media/21471/file.pdf>>. Luettu 11.4.2014
- 24 Schneider Electricin tuotesivut. Verkkodokumentti. <<http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/4100-power-energy-monitoring-system/>>. Luettu 23.3.2014.
- 25 Yritys esittely Schneider Electric. 2010. Verkkodokumentti. <http://www.schneider-electric.fi/documents/buildings/Localdocuments/SE_Buildings_esite.pdf>. Luettu 21.4.2014.
- 26 PiiGAB M-Bus 900-series. Verkkodokumentti. PiiGAB, Processinformation I Göteborg AB. <http://www.piigab.com/en/products_m-bus-products_piigab-m-bus-900.html>. Luettu 5.4.2014
- 27 Modbus. 2013. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Modbus>>. Luettu 13.2.2014.
- 28 Modbus. Verkkodokumentti. Modbus Organization Inc. <<http://www.modbus.org/>>. Luettu 13.2.2014.
- 29 M-Bus. 2014. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Meter-Bus>>. Luettu 13.2.2014.
- 30 M-Bus. Verkkodokumentti. M-Bus Usergroup. <<http://www.m-bus.com/>>. Luettu 13.2.2014.
- 31 Schneider Electric, Acti 9 tuotteet. Verkkodokumentti. <http://www.schneider-electric.fi/documents/fi_brochures/Acti_9_tuoteluettelo_2013.pdf>. Luettu 11.4.2014.
- 32 Measuring Instruments Directive. Verkkodokumentti. Enerdis. <<http://www.compteur-electrique.enerdis.com/en/expert-advice/mid-directive.aspx>>. Luettu 10.4.2014.
- 33 Gert Skiver. Smart meters tackle water conservation. Ultraäänimittauksen periaate. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.edn.com/design/smart-energy-design/4403064/3/undefined>>. Luettu 10.4.2014
- 34 Flow IQ tuotesivu. 2013. Verkkodokumentti. Kamstrup A/S. <<http://kamstrup.fi/media/24478/file.pdf>>. Luettu 10.4.2014.
- 35 Declaration of conformity. Vaatimusten mukaisuusvakuutus. Verkkodokumentti. Kamstrup A/S. <<http://kamstrup.com/6336/Kamstrup%20meters%20MID-approved>>. Luettu 11.4.2014.

- 36 Kamstrup Multical 62 vesimittarin tekninen esite. Verkkodokumentti. Kamstrup A/S. <<http://kamstrup.fi/media/21894/file.pdf>>. Luettu 11.4.2014.
- 37 Kamstrup Multical 21 vesimittarin tekninen esite. Verkkodokumentti. Kamstrup A/S. <<http://kamstrup.fi/media/16709/file.pdf>>. luettu 11.4.2014.



LEED sertifiointi pikaopas

2 (4)

LEED 2009

Uudiskiinteistöt ja saneeraukset

Kestävä maankäyttö	26 pistettä
Rakennusalaisten ympäristövaikutusten minimointi	Vaatus
Tontin valinta	1
Tontin käytön tehokkuus ja palveluiden saatavuus	5
Pilaantuneen maan kunnostaminen	1
Työmatkojen ympäristökuormituksen minimointi	12 max
Ulkko- ja viheralueiden suunnittelu	2 max
Sadeveden/huleveden hallinta	2 max
Kaupunkisaarekellinön eli ylläpö-alueen minimoinninen	2 max
Valosaasteen vähentäminen	1

Veden käytön tehokkuus	10 pistettä
Vedenkäytön väh. vaatimus	Vaatus
Vettä säästävä kasteleu	4 max
Tehokkaan jätevesiteknologian käyttö	2
Veden käytön vähentäminen	4 max

Energia ja ilmastovaikutukset	35 pistettä
Rakennuksen Energiajärjestelmien toiminnan varmistus	Vaatus
Energiatehokkuuden vähimmäisvaatus	Vaatus
Kylmäaineliden hallinta	Vaatus
Energiatehokkuuden parantaminen	19 max
Tontilla tuotettu uusiutuva energia	7 max
Laajennettu toiminnan varmistus	2
Laajennettu kylmäaineliden hallinta	2
Mittaus ja varmistus	3
Vihreä energia	2




Materiaalit ja resurssit	14 pistettä
Kierrätyskeelpoisen materiaalin keräys ja säilytys	Vaatus
Vanhon rakenteiden hyödyntäminen	4 max
Rakennusjätteen kierrätys	2 max
Materiaalien uusio käyttö	2 max
Kierrätysmateriaalien käyttö	2 max
Lähialueella tuotettujen materiaalien käyttö	2 max
Nopeasti uusiutuviin materiaalien käyttö	1
Sertifioitun puun käyttö	1

Sisäympäristön laatu	15 pistettä
Sisäilman minimilaatuvaatimukset	Vaatus
Tupakan savun kontrollointi	Vaatus
Tuotilman monitorointi	1
Tehostettu ilmanvaihto	1
Rakentamisen sisäilman laadun hallinta	2 max
Vähäpäästöiset materiaalit	4 max
Sisätilojen kemikaalien ja ulkoa tulevien epäpuhtauksien hallinta	1
Järjestelmien hallittavuus	2 max
Lämpöviilhyvyys	2 max
Päivänvalo ja näkyvyys ulos	2 max

Innovaatiot suunnittelussa	6 pistettä
Innovaatiot suunnittelussa	5 max
LEED AP projektissa mukana	1

Alueelliset painotukset	4 pistettä
Erityispainotukset	4 max

Pisteitä yhteensä	110
--------------------------	------------

	Suora vaikutus
	Epäsuora vaikutus (manageriaisuus)
	Luokiteltavat komponentit

LEED 2009

Olemassa olevat kiinteistöt

Kestävä maankäyttö	26 pistettä
LEED Sertifioitu suunnittelu ja rakennus	4
Ulkopintojen ja päällystettyjen pintojen hallinta/ylläpito suunnitelma	1
Integroitu tuhoistorjunta, eroosion ja viheralueiden hallinta suunnitelma	1
Vaihtoehtoiset liikennemuodot	15 max
Uliko- ja viheralueiden suunnittelu	1
Sadeveden/huleveden hallinta	1
Kaupunkisaarekkeilmiön eli ylläpö-alueen minimoiminen	1 kukin
Valosaasteen vähentäminen	1

Veden käytön tehokkuus	14 pistettä
Vedenkäytön väh. vaatimus	Vaatimus
Veden kulutuksen mittarointi ja seuranta	2 max
Veden kulutuksen tehokkuus	5 max
Vettä säästävä kastelu	5 max
Jäähdytystörmien veden hallinta	2 kukin

Energia ja ilmastovaikutukset	35 pistettä
Energianhallinta parhaat käytännöt	Vaatimus
Energiatohokkuuden vähimmäisvaatimus	Vaatimus
Kylmäainehoiden hallinta	Vaatimus
Energiatohokkuuden parantaminen	18 max
Toiminnan varmistus	6 max
Tehokkuuden mittaaminen	3 max
Uusiutuva energia	6 max
Laajennettu kylmäainehoiden hallinta	1
Päästöjen vähennyksen raportointi	1

Materiaalit ja resurssit	10 pistettä
Kestävien hankintojen ohjeet	Vaatimus
Jätteiden hallinnan ohjeistus	Vaatimus
Kestävät hankinnat	6 max
Jätteiden hallinta	4 max

Sisäympäristön laatu	15 pistettä
Sisäilman laatuvaatimukset	Vaatimus
Tupakan savun kontrollointi	Vaatimus
Vihreä silivous toimintamalli	Vaatimus
Sisäilmanlaadun parhaat käytännöt	5 max
Viihtyvyys - käyttäjäkysely, valaistus, lämpö, päivänvalo ja näkyvyys ulos	4 max
Vihreä silivous	6 max

Innovaatiot käytön aikana	6 pistettä
Innovaatiot käytön aikana	4 max
LEED AP projektissa mukana	1
Kestävän kiinteistön kustannuksien dokumentointi	1

Alueelliset painotukset	4 pistettä
Erityispainotukset	4

Pisteitä yhteensä	110
--------------------------	------------

LEED sertifiointiin tarvittavat pisteet

Schneider Electricin palvelut ja ratkaisut vaikuttavat merkittävästi LEED sertifiointipisteisiin ... tarpeeksi saavuttamaan LEED Hopeasertifiointi

	Uudiskiinteistöt ja saneeraukset	Olemassaolevat kiinteistöt
Sertifioitu	40-49	40-49
Hopea	50-59	50-59
Kulta	60-79	60-79
Platina	80-110	80-110

Standardiluettelo

IEC62053-21

International Electrotechnical Commission's international standard – Electricity meterin equipment – Particular requirements – Part 21 – Static meter for active energy – classes 1 and 2.

IEC 62053-22

Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 22: Static meters for active energy (classes 0,2 S and 0,5 S)

IEC 62053-23

Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 23: Static meters for reactive energy (classes 2 and 3)

IEC61036 International Electrotechnical Commission's international standard – Alternating current static watt-hour meters for active energy - classes 1 and 2.

IEC 60364 International Electrotechnical Commission's international standard - Electrical Installations for Buildings.

IEC61000-2, -3, -4, -5

International Electrotechnical Commission's international standard – Electromagnetic compatibility (EMC) – osat 2-13, osat 3-2, osat 4-3 sekä osat 5-2)

IEC 61557-12

Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 12: Performance measuring and monitoring devices (PMD)

MID Measuring Instruments Directive - 2004/22/CE. European standards for active energy meters: EN50470-1 / EN50470-2 / EN50470-3

LVD Low Voltage Directive. Pienjännitedirektiivin 2006/95/EY tarkoituksena on taata, että Euroopan unionin markkinoilla olevat sähkölaitteet eivät oikein käytettyinä, asennettuina ja huollettuina vaaranna henkilöiden, kotieläinten tai omaisuuden turvallisuutta.

EMC Electromagnetic Compatibility. EMC-direktiivin 2004/108/EY tavoitteena on taata tuotteiden vapaa liikkuvuus sekä luoda hyväksyttävä sähkömagneettinen ympäristö yhteisön alueella. Näin suojataan radiotietoliikennettä, sähkö- ja tietoliikenneverkkoja sekä niihin liittyviä laitteita sähkömagneettisilta häiriöiltä.

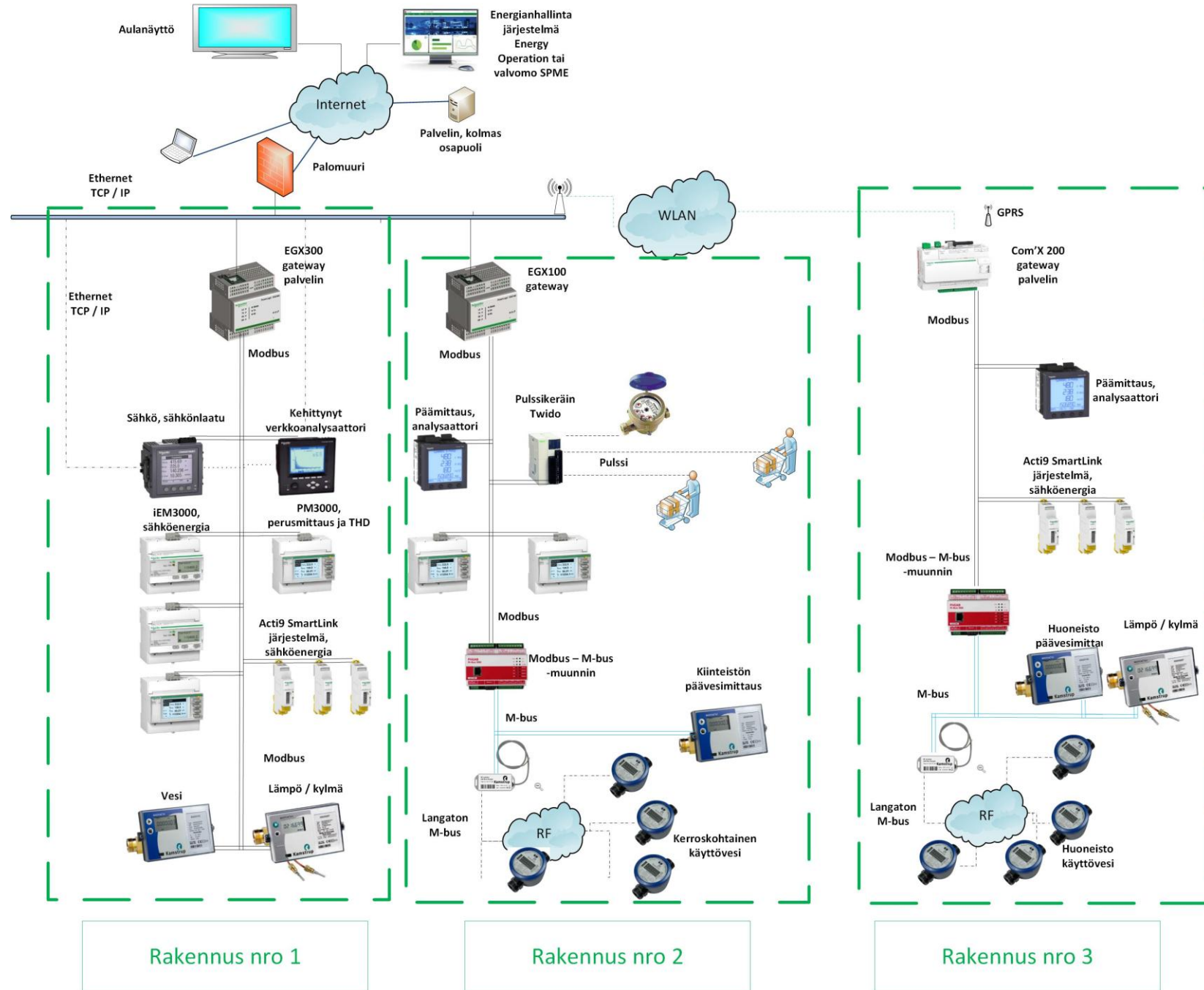
ANSI 12.20 American National Standard for Electricity Meters - accuracy and performance

EN50160 Voltage Characteristics in Public Distribution Systems

ITI (CBEMA) / SEMI F – 47
Power Quality Standards

ANSI C37.90.1
IEEE Standard for Surge Withstand Capability (SWC) Tests for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus

Mittarointijärjestelmän periaatekuva



Mittarointijärjestelmän periaatekaavio esimerkki.

